

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**ESTUDI DEL VECTOR ENERGÈTIC D'EL SALVADOR, CREACIÓ
D'ESCENARIS DE FUTUR I DE LES CORRESPONENTS
EMISSIONS DE CO₂**



Memòria i Annexos

Autor:	Laia Pallarès Alvarez
Director:	Josep Xercavins Valls
Co-Director:	Olga Alcaraz Sendra
Convocatòria:	Maig 2018

Resum

Aquesta memòria pretén presentar un estudi del vector energètic a El Salvador, i de les emissions de CO₂ que s'alliberen degut a l'ús de fonts d'energia fòssils en aquest país en concret. Primerament es presenta una introducció en la matèria del canvi climàtic i la relació concreta de les emissions de CO₂ provinents de l'ús d'aquests combustibles fòssils. Seguidament es presenta la realitat socio-econòmica del país, i els factors conductors antropocèntrics i històrics que han produït canvis al seu vector energètic.

Posteriorment s'estudien les dades històriques energètiques i es construeixen escenaris BAU, *Business-As-Usual*, per tal d'arribar al que ofereixi un resultat més realista i amb el que sigui possible treballar pel desenvolupament del projecte, ja que ens mostrarà les projeccions futures de la variable estudiada, el vector energètic i les emissions de CO₂. Un cop escollit el BAU final, es crearan escenaris alternatius al vector energètic del país i s'analitzarà el comportament de les emissions de CO₂ degut a aquests. Així doncs, es pot dir que el treball tindrà tres parts: l'estudi de l'històric, la construcció dels escenaris BAU, i l'estudi d'escenaris alternatius.

A més, per a la total comprensió d'aquest projecte s'adjunten uns annexos, en format digital, dels fulls de càlcul d'Excel que s'han anat realitzant junt amb el desenvolupament del treball.

Resumen

Esta memoria pretende presentar un estudio del vector energético en El Salvador, i de las emisiones de CO₂ liberadas a causa del uso de fuentes de energía fósiles en este país en concreto. En primer lugar se presenta una introducción en la materia del cambio climático y la relación que tiene con las emisiones de CO₂ procedentes del uso de estos combustibles fósiles. Seguidamente se presenta la realidad socio-económica del país, i los factores conductores antropocéntricos e históricos que han causado cambios en su vector energético.

Posteriormente se estudian los datos históricos energéticos y se construyen escenarios BAU, *Business-As-Usual*, para llegar al que ofrezca un resultado más realista y con el que sea posible trabajar para el desarrollo del proyecto, ya que nos mostrará las proyecciones futuras de la variable estudiada, el vector energético y las emisiones de CO₂. Una vez escogido el BAU final, se crearan escenarios alternativos al vector energético del país y se analizará el comportamiento de las emisiones de CO₂ debido a estos. Así pues, se puede decir que el trabajo tendrá tres partes: el estudio del histórico, la construcción de los escenarios BAU i el estudio de escenarios alternativos.

Además, para la total compresión de este proyecto se adjuntan unos anejos, en formato digital, de las hojas de cálculo de Excel que se han ido realizando junto con el desarrollo del trabajo.

Abstract

This report aims to present an analysis of the energy mix from El Salvador, and their CO₂ emissions that are emitted as a result of the use of fossil energy sources in this country. Firstly, it presents an introduction on climate change matters, and the specific relationship of CO₂ emissions from the use of this fossil energy sources. Afterwards, it presents the socio-economic reality from the country, and the anthropocentric and historical driver factors that have produced changes to its energy mix.

After that, the historical energy data is studied, and the BAU (Business As Usual) scenarios created, in order to reach the one that offers the most realistic result so we are able to work with it for the development of the project, as it will show the future projections of the studied variable, the energy mix and the CO₂ emissions. Once the final BAU has been selected, alternative energy mix scenarios are going to be created, and CO₂ emissions behaviour analysed. Therefore, we can say that the project is divided between three parts: historical data studies, BAU scenarios construction, and the study of alternative scenarios.

In addition to all of that, and in order for the project to be fully understood, you will find attached some Excel spreadsheets that have been created while the project has been developed.



Agraïments

Voldria agrair al Josep Xercavins per haver acceptat portar-me aquest projecte, ja el primer dia que vaig anar a buscar-lo al despatx, tot i sabent tota la feina que tant ell com tots el del GGCC porten. També especialment donar les gràcies per la seva disposició i el seguiment del projecte, tant a ell com a l'Olga Alcaraz, per haver-se mostrat sempre amb bona disposició a que el projecte avances correctament, proposant solucions a les dificultats que es podien anar trobant per tal de solucionar-les.





Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
1. INTRODUCCIÓ I ORIGEN DEL TREBALL	9
1.1. Objectius del treball	9
1.2. Motivació	9
2. CANVI CLIMÀTIC, ORGANISMES I POLÍTQUES	11
2.1. L'atmosfera terrestre	11
2.2. L'Efecte Hivernacle.....	12
2.2.1. El Forçament Radiatiu	13
2.3. Vector Energètic.....	14
2.4. Organismes i polítiques de mitigació.....	15
2.4.1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	15
3. EL SALVADOR	18
3.1. Realitat Socio-econòmica	18
3.1.1. Impactes del Canvi Climàtic.....	19
3.2. Estat actual de generació d'energia	20
3.3. Previsions de futur d'El Salvador	21
4. OBTENCIÓ I TRACTAMENT DE DADES	22
4.1. Dades històriques i IEA.....	22
4.2. Càlcul de l'energia primària	23
4.3. Càlcul i comprovació de les emissions de CO ₂	25
4.4. Anàlisi de l'històric	26
5. ESCENARIS BAU ENERGÈTIC	29
5.1. Metodologies estudiades	29
5.1.1. BAU 1 - Suavitat de Holt.....	30
5.1.2. BAU 2 - Regressions lineals.....	32
5.1.3. BAU 3 – Mètode “Mix”	33
5.2. Metodologia escollida.....	34

6.	ESCENARI BAU EMISSIONS	36
7.	ESCENARIS ALTERNATIUS	37
7.1.	Escenari 1	37
7.2.	Escenari 2	40
8.	ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	43
	CONCLUSIONS	45
	ESTUDI ECONÒMIC	46
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	49
	ANNEX	52
A1.	Anàlisi de l'històric	52
A2.	BAU 1: Suavitzat de Holt	52
A3.	BAU 2: Tendència Lineal	52
A4.	BAU 3: Mètode Mix	53
A5.	Escenaris Alternatius	53

1. INTRODUCCIÓ I ORIGEN DEL TREBALL

Aquest Treball de Final de Grau, que té com a estudi el cas principal d'un país d'Amèrica Central, El Salvador, s'ha de contextualitzar en els treballs de recerca aplicada que realitza, a l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE), el Grup sobre el Governament del Canvi Climàtic, el GGCC.

Aquest grup, el GGCC, acaba d'establir un conveni de col·laboració mútua, i sense efectes econòmics, amb aquest país, per tal de realitzar conjuntament una proposta del que podria ser, en el context de l'Acord de París sobre el Canvi Climàtic, la segona NDC, és a dir, l'informe de Contribucions Determinades a Nivell Nacional, d'El Salvador, per a la seva presentació oficial, si s'escau, a la UNFCCC, la Convenció Marc de Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic.

Aquest projecte, realitzat sota la direcció de dos professors que formen part del GGCC, l'Olga Alcaraz i el Josep Xercavins, és una primera mirada a la realitat d'aquest país i a les seves opcions de futur pel que fa al seu mix energètic present i futur, i a les seves corresponents emissions de CO₂.

1.1. Objectius del treball

L'objectiu principal d'aquest treball és l'anàlisi concret i precís del vector energètic a El Salvador, les emissions de CO₂ i d'escenaris de futur d'aquests. Així doncs, tindrem com a objectiu elaborar uns fulls de càlcul amb l'Excel, del vector energètic, any per any i en total mitjançant dades històriques fiables d'El Salvador, junt amb les emissions de CO₂ associades a aquest vector energètic i la relació que mantenen amb aquest.

A més, es té també com a objectiu el càlcul de diferents escenaris BAU, és a dir, escenaris que segueixin la tendència històrica del vector energètic d'El Salvador, per a un cop tenir el BAU final crear escenaris alternatius creant nous criteris i objectius finals per l'any 2050. Aquests escenaris ens serviran també per estudiar el comportament de les emissions de CO₂ dins els criteris marcats.

1.2. Motivació

La raó principal que em va dur a triar un projecte de l'àmbit de sostenibilitat, i més en concret, del canvi climàtic, és l'interès propi que tinc envers aquests temes i que encara em van portar a investigar més quan vaig cursar l'assignatura optativa de *Canvi Climàtic: Ciència, Energia, Economia, Política i Futur (CCCEPF)*, ara fa un any. Penso que és una problemàtica molt important i que és interessant que pugui

formar part de la formació acadèmica dins els graus impartits en l'EEBE, per tal de tenir una visió coherent sobre aquest tema, i si sorgeix, seguir en el camí d'aquesta.

2. Canvi climàtic, organismes i polítiques

Un dels temes més estudiats i debatuts en les últimes dècades, és sense dubte, el canvi climàtic i la seva problemàtica. Aquest capítol és una introducció dins la matèria sobre la qual es treballarà durant del projecte, el complex problema del canvi climàtic i quins organismes s'han creat per combatre'l. Així doncs, s'explicarà la teoria d'aquest, recorrent la història recent i els organismes i polítiques de mitigació existents sobre la matèria.

2.1. L'atmosfera terrestre

L'atmosfera terrestre és la capa fina de mescla de gasos que envolten el planeta terra, i que es mantenen retinguts gràcies a l'efecte de la força de la gravetat al planeta Terra. La composició de l'atmosfera inclou gasos com l'oxigen, el nitrogen o el diòxid de carboni, que sustenten els processos dels quals depenen totes les formes de vida a la Terra, cosa que fa que es distingeixi d'altres atmosferes en altres planetes. Aquesta atmosfera terrestre està composta majoritàriament de nitrogen (78%), oxigen (21%) i argó (0,9%), més alguns gasos traça, dins els quals trobem els anomenats gasos d'efecte hivernacle (GHG), com ho són el vapor d'aigua, el diòxid de carboni, el metà, el òxid nitrós i l'ozó. ^[1]

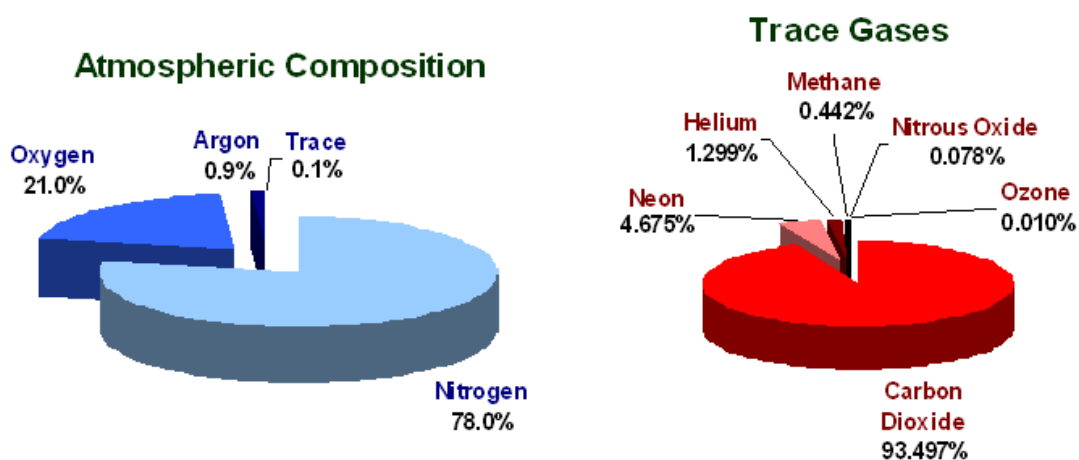


Figura 1. Composició dels gasos a l'atmosfera [Font: NC Climate Office]

2.2. L'Efecte Hivernacle

El Sol, la font d'energia principal del planeta Terra aporta llum i calor mitjançant radiació. Aquestes ones de radiació solar, travessen en una part important l'atmosfera (la resta es absorbeix per aquesta o reflectida), arriben a la superfície terrestre i contribueixen a escalfar la superfície. Això porta a la terra a emetre una radiació tèrmica, principalment infraroja, que després absorbeix en gran part l'atmosfera (la troposfera). Una part d'aquesta radiació tèrmica infraroja absorbida per la troposfera torna a emetre un altre cop cap a la superfície de la terra, contribuint a l'escalfament d'aquesta.

El balanç o equilibri radiatiu entre les emissions solars entrants, reflectides i absorbides, i entre les emissions terrestres emeses, absorbides i reemeses per la troposfera i sortints, és el que fa que la Terra estigui a una temperatura més elevada a la que ho estaria sense atmosfera. Aquest fet és el conegut efecte hivernacle, sense el qual, la Terra tindria una temperatura mitjana d'uns -18°C , cosa que impossibilitaria moltes formes de vida en aquesta.

El balanç dinàmic del que parlàvem entre l'energia de radiació rebuda i l'energia radiada a l'exterior ha estat en equilibri al llarg de la història de la Terra, cosa que actualment, des de uns 200 anys enrere, no és així. La evolució en la manera de la vida humana, i sobretot amb la revolució industrial i l'ús dels combustibles fòssils ha causat una modificació en els gasos d'efecte hivernacle, i ha trencat amb aquest balanç dinàmic entre energia rebuda i emesa.

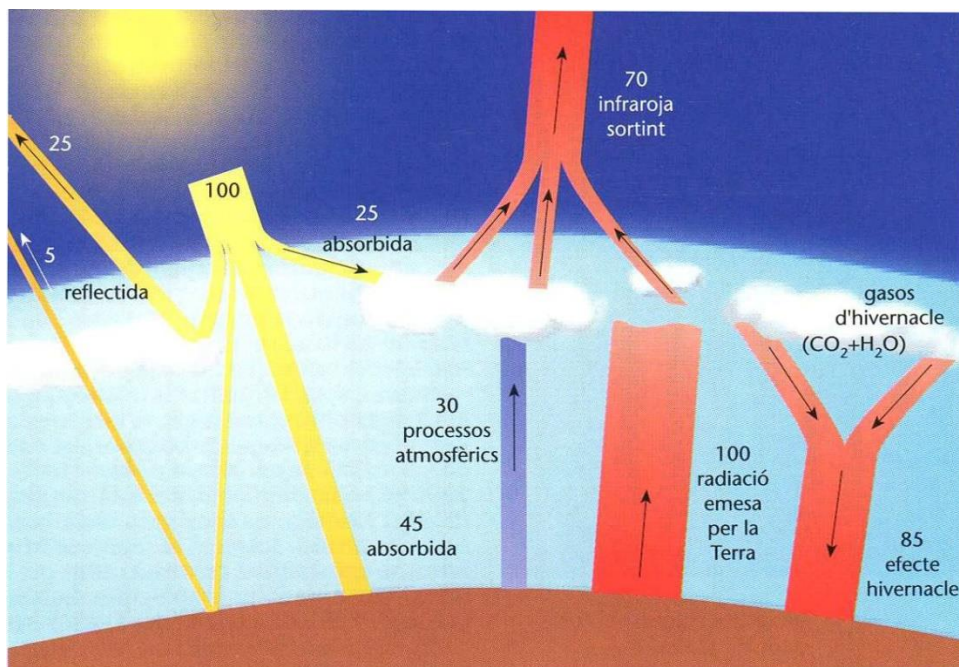


Figura 2. Efecte hivernacle [Font: Enciclopèdia Cat]

2.2.1. El Forçament Radiatiu

La forma de quantificar el balanç dinàmic entre la radiació solar entrant i la radiació infraroja sortint dins l'atmosfera terrestre. Un forçament radiatiu es quantifica com la taxa de canvi d'energia per unitat d'àrea del planeta mesurada en la part superior de l'atmosfera, és a dir, en la troposfera, expressada doncs en W/m². Si aquest valor és positiu, la energia entre atmosfera i la Terra incrementarà, i per tant, la temperatura mitjana d'aquesta augmentarà, conduint a l'escalfament del sistema.

IPCC AR5 global warming trend 1901-2012

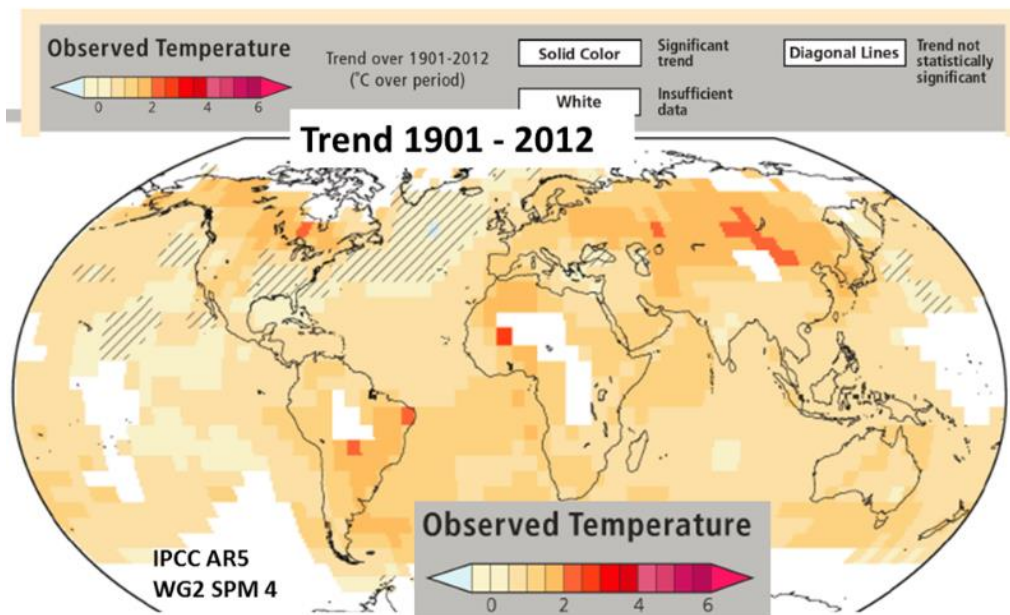


Figura 3. Temperatura mitjana a la Terra [Font: AR5]

A la figura 3 es poden observar els canvis de la temperatura mitjana a la Terra durant el període comprès entre l'any 1901 i el 2012. Com hem vist, degut a el desequilibri del balanç dinàmic de la radiació solar causat per la variació dels components gasos de la troposfera, la temperatura s'ha vist augmentada considerablement, d'uns 1,5°C-2°C en la majoria de zones de la superfície terrestre.^[2]

Cada gas d'efecte hivernacle afecta en l'atmosfera en un grau diferent, i té un període de vida diferent. La mesura de determinar en quin efecte contribueix cada gas al forçament radiatiu es defineix com el Potencial d'Escalfament global (GWP). El GWP expressa el potencial d'un determinat gas en comparació amb el que posseeix el CO₂ durant el mateix període de temps, és per això que el diòxid de carboni diem que té un GWP=1.

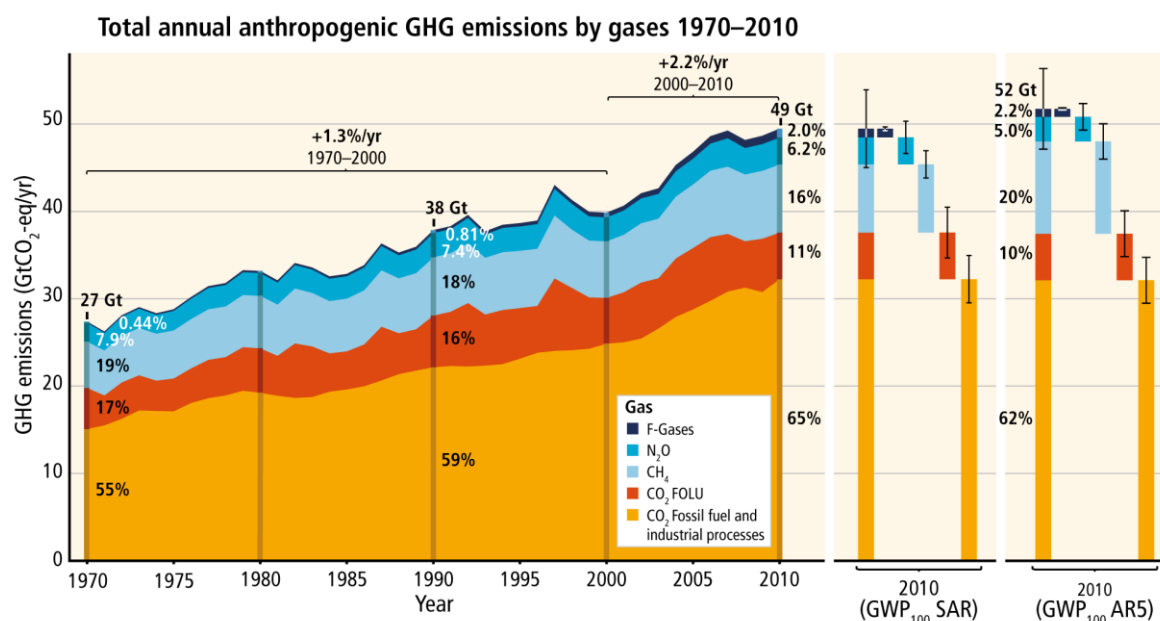


Figura 4. Emissions de gasos GHG d'origen antropocèntric i GWP [Font: AR5]

La figura superior ens mostra gràficament les emissions de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropocèntric per al període comprès entre l'any 1970 i el 2010. Es pot observar com al 2010, el 65% de les emissions de CO₂ d'origen antropocèntric són causa de processos industrials i fonts fòssils destinades al model energètic. És per això, que aquest projecte estarà centrat en les emissions de CO₂ provinents d'aquest sector. Això també implica que no tota l'energia produïda pel país estarà reflectida al vector energètic, ja que part d'aquesta pot ser exportada a altres països.

2.3. Vector Energètic

La forma de determinar de manera gràfica la contribució de diferents fonts d'energia primària al consum energètic d'un país o regió, és amb el vector energètic d'aquest. El vector energètic reflexa el consum i per això està format tant com per fonts primàries produïdes a la pròpia regió, com per energia importada d'altres zones.

L'anàlisi del vector energètic d'El Salvador per al període històric estudiat, es pot veure dins l'apartat 4.4 d'aquesta memòria.

2.4. Organismes i polítiques de mitigació

A partir del segle XX, i després de les guerres mundials, els països intenten tractar els problemes mitjançant polítiques internacionals, entre totes les nacions. Les Nacions Unides, creades a l'any 1945 es creen com una organització d'estats per a tractar problemes mundials conjuntament, i crear acords entre les parts membres. Les Nacions Unides creen també sessions ordinàries, com ho són l'Assemblea General, que té lloc un cop l'any, i les Cimeres Mundials, que són sessions extraordinàries de temàtiques tractades a l'AG.

Dins d'aquests problemes, les Nacions Unides tracten també la problemàtica del canvi climàtic, i és per això que al 1972 va tenir lloc la primera conferència sobre el medi ambient, a Estocolm. I en aquesta conferència es va fundar el *United Nations Environment Programme* (UNEP), que com bé indica el nom, és un programa de les Nacions Unides pel medi ambient.

2.4.1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Passat uns anys de la creació del UNEP, es va veure la necessitat d'inaugurar un grup d'experts sobre el canvi climàtic que tingués com a objectiu preparar informes i informació sobre la problemàtica d'aquest, per tal de poder aplicar polítiques de mitigació i prendre decisions. Així va sorgir el IPCC, a l'any 1988 com un grup intergovernamental que assessorés de forma objectiva sobre els impactes del canvi climàtic i solucions a aquest, i va ser establert per l'anomenat UNEP i l'Organització Meteorològica Mundial (WMO). Actualment un total de 195 estats són membres de l'IPCC.

L'IPCC revisa i avalua la informació científica, tècnica i socioeconòmica produïda en tot el món rellevant per a la comprensió del canvi climàtic. A causa de la seva naturalesa científica i intergovernamental, l'IPCC representa una oportunitat única per proporcionar informació científica rigorosa i equilibrada als responsables de la presa de decisions. Al aprovar els informes de l'IPCC, els governs reconeixen l'autoritat i validesa del seu contingut científic.

L'IPCC a data d'avui, ha publicat 5 informes referents al canvi climàtic, anomenats *Assessment Reports* (AR) que s'organitzen en tres volums o grups de treball, i un informe sintetitzat. A part d'aquests AR, l'IPCC també ha publicat diferents informes, menys extensos, per a preparar pautes o fer un seguiment del que finalment acabaria sent un *Assessment Report*.

Aquests AR, i sobretot els dos últims, l'AR4 (2007) i l'AR5 (2014) comporten un gran pas cap a l'aportació de polítiques de mitigació del canvi climàtic, ja que inclouen conceptes molt importants. Per exemple en l'AR4 s'adverteix de que per tal d'estabilitzar la concentració de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera s'haurà d'arribar a un pic d'emissions, i que contra més tard s'arribi a aquest pic, més dràstic haurà de ser el camí de disminució d'aquestes per assolir l'objectiu fixat. Seguint en la

mateixa línia, l'AR5 inclou el concepte d'emissions de CO₂ (i altres GHG) acumulades que podrien ser emeses fins a un any objectiu per tal de poder assolir diferents escenaris-objectiu. D'aquesta manera sorgeixen els *Representative Concentration Pathways* (RCP).

Els RCP són possibles escenaris futurs fixant com a any objectiu el 2100, segons els diferents forçaments radiatius. L'AR5 contempla 4 escenaris: el primer, el més positiu en quant als efectes que pot tenir el canvi climàtic a la Terra, però també el més ambiciós i per tant, el més difícil d'assolir, és el RCP2.6, que contempla un forçament radiatiu de 2,6 W/m² a l'any 2100. Els altres escenaris són: RCP4.5, RCP6.0, i RCP8.5. Com podem imaginar, cada escenari presenta un objectiu diferent, es podria dir que de més a menys ambiciós, i per suposat, amb diferents causants, cada cop més greus, en quant a la temperatura mitjana terrestre i el que això implicaria.

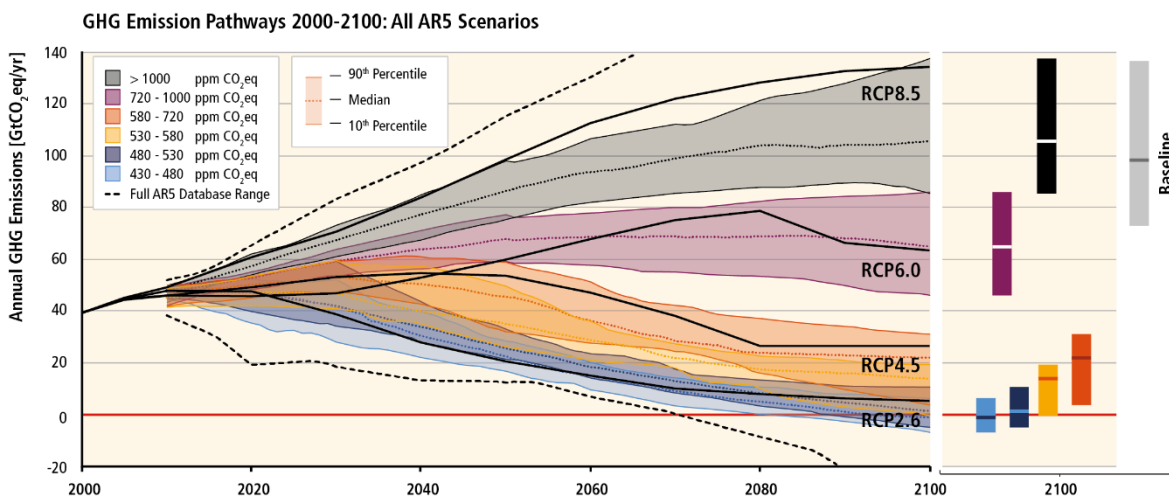


Figura 5. Escenaris RCP [Font: AR5]

A la figura superior s'hi representen els quatre escenaris RCP contemplats dins l'AR5 i la quantitat d'emissions de CO₂ que es poden emetre fins a final de segle per a cada escenari. L'únic escenari que contempla que la temperatura mitjana de la terra, respecte la època preindustrial, no augmenti més de 2°C és el l'escenari RCP2.6, que indica que ja hauríem d'estar arribant al pic d'emissions del que parlàvem abans. Els quatre escenaris mostren el comportament que haurien de portar les emissions de CO₂ fins l'any 2100 per tal d'assolir els objectius marcats de forçament radiatiu.

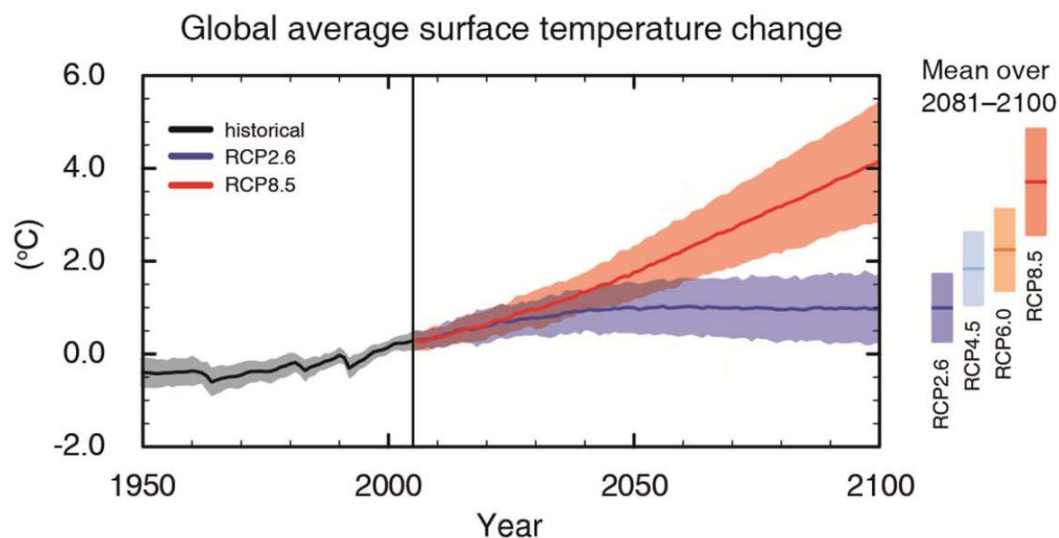


Figura 6. Escenaris RCP i relació amb la temperatura [Font: AR5]

A la Figura 6 es representen dos dels quatre escenaris estudiats a l'AR5, el RCP2.6 i el RCP8.5 de forma diferent a l'anterior figura. En aquest cas es mostra l'evolució de l'augment de la temperatura mitjana de la terra respecte l'època preindustrial. Com ja havíem vist amb l'anterior, l'únic escenari que ens porta a no superar els 2°C d'augment és el primer, el RCP2.6 on aquest augment s'hauria estabilitzat al arribar a l'any 2100. L'escenari RCP8.5 ens portaria a un cas extrem on a l'any 2100 l'augment de la temperatura mitjana estaria al voltant dels 4°C, i seguiria creixent sense estabilitzar-se.

3. EL SALVADOR

Aquest projecte, com ja s'ha explicat anteriorment, té com a estudi el cas concret d'El Salvador. Aquest capítol pretén presentar la realitat d'aquest i els efectes dels esdeveniments històrics recents i del canvi climàtic en la evolució del país.

El Salvador és el país més petit, cobreix una àrea de 21.040,8 km² i més densament poblat, amb un total de 6.172.011 habitants (al Juliol de 2017), de tot Centre Amèrica^[3]. Es troba delimitat en el Sud per l'Oceà Pacífic, i això fa que tingui una gran sismicitat i un risc alt de patir terratrèmols, moviment de terres o tsunamis. El país té un clima tropical: amb una estació de pluges del maig a l'octubre i una estació seca del novembre al abril. Com a recursos naturals destaquen l'energia hidràulica, la geotèrmica, el petroli i terres cultivables. Els problemes principals de medi ambient amb els que tracta el país actualment són la desforestació, la contaminació de l'aigua i la contaminació dels sòls degut a la disposició de residus tòxics a la terra.

3.1. Realitat Socio-econòmica

El Salvador va aconseguir la independència d'Espanya al 1821 i de la Federació Centreamericana al 1839. Una guerra civil de 12 anys, que va costar al voltant de 75.000 vides, es va tancar al 1992, després d'un procés de diàleg entre les parts implicades, i amb la firma dels *Acords de la Pau de Chapultepec*, que va permetre la desmobilització de les forces guerrilleres i la incorporació a la vida política del país.

Actualment, El Salvador és una de les nacions amb un percentatge més alt de població més gran de 60 anys d'Amèrica Central. Això es deu a diversos factors, com la caiguda de la taxa de fecunditat, de 3,5 fills per dona al 1998 a 1,8 fills al 2015. Un greu problema també és la gran emigració de joves salvadorenys, en edat de producció, cap a l'estranger, particularment cap a Estats Units, Canadà, Espanya i Mèxic, entre d'altres països veïns. Aquesta emigració es va produir sobretot durant la guerra civil, i després, cap al 2000 com a conseqüència del deteriorament de les condicions econòmiques, degudes a la falta d'estabilitat política del país i als greus desastres naturals, com l'*huracà Mitch* al 1998 i els forts terratrèmols a l'any 2001. Els models de desenvolupament implementats en el passat i les transformacions econòmiques i socials de les dècades recents s'expressen territorialment en la concentració i la urbanitzava de la població, actualment el 64% de la població viu en zones urbanes o d'alta densitat de població. ^[4]

La baixa taxa de creixement i la emigració de salvadorenys a l'exterior afecta i afectarà al creixement poblacional del país. Almenys el 20% de la població d'El Salvador viu a l'estranger. Les remeses que envien a la llar representen prop del 20% del PIB, són la segona major font d'ingressos externs després de les exportacions i han contribuït a reduir la pobresa del país, ja que aquestes famílies que reben

remeses compten amb més recursos per invertir en educació, habitatge o compres de la terra. En canvi, les famílies sense migrants diversifiquen menys els seus mitjans de vida i mantenen una relació de dependència més directa amb els recursos naturals. Encara existeix una taxa d'analfabetisme al voltant del 12% de la població, que pot arribar a més del 20% en algunes zones rurals, sent una de les grans metes a les que s'enfronta el país en l'actualitat. El Salvador destaca per una de les taxes d'homicidis més elevades del món i de bandes criminals.



Figura 7. Població i territori [Font: 2^a Comunicació Nacional sobre el CC]

3.1.1. Impactes del Canvi Climàtic

La població més pobre és la més vulnerable al canvi climàtic, ja que aquest afecta directament en els seus mitjans de vida. El 89% del territori és considera com a àrea de perill i té la major taxa de població en perill. Si no es posen en pràctica mitjans d'adaptació, els impactes del canvi climàtic podrien augmentar encara més els nivells de pobresa i vulnerabilitat. Del total del PIB del país, el 96,4% està vinculat a àrees de risc, i el 12% depèn d'activitats sensibles als canvis en el clima:

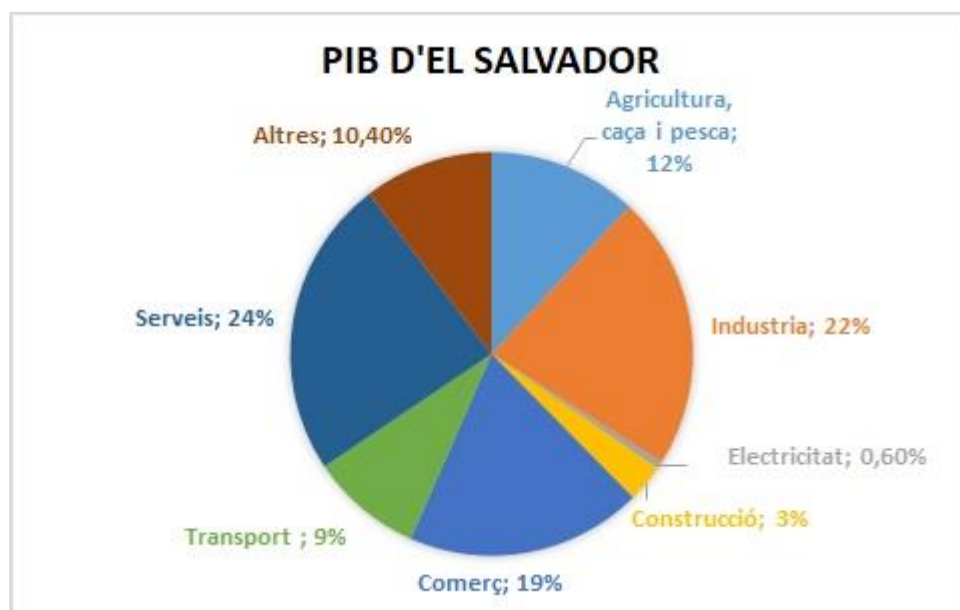


Figura 8. PIB d'El Salvador [Font: 2ª Comunicació Nacional sobre el CC]

També és destacable com en els últims anys, des de l'any 2009, en diferents episodis s'han batut rècords històrics de pluja acumulada en 6, 24 i 72 hores, i en 10 dies. Alguns d'aquests episodis van ocórrer en mesos que mai abans havien experimentat esdeveniments de pluges extremes i també es van batre rècord de pluja en alguns mesos de la època seca, tot això sense dubte, reflexa els efectes durs i imminents del canvi climàtic a les àrees d'Amèrica Central properes a la costa.

Entre el novembre del 2009 i l'octubre del 2011 van tenir lloc tres dels cinc esdeveniments de major impacte al país, que van provocar pèrdues al voltant dels 1.300M \$, que en conjunt, equivaldrien al 6% del PIB al 2011. Aquestes dades un cop més mostren l'impacte de la variabilitat climàtica al país, determinant la prioritat que s'hauria de donar a l'adaptació i mecanismes per a afrontar aquestes pèrdues i danys.

3.2. Estat actual de generació d'energia

En els anys 90, majoritàriament, el govern d'El Salvador va fer una gran inversió en centrals hidroelèctriques, ja que suposava la font d'energia més barata pel país. L'empresa estatal dedicada a la generació i venda d'energia elèctrica de centrals hidroelèctriques es la CEL, la *Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa*, i ha construït un total de 4 centrals hidroelèctriques que aprofiten les aigües de la conca del Lempa. Aquest riu té com a vessant l'oceà Pacífic, i té un total de 422 kilòmetres de longitud, sent un dels rius més llargs de tot Centre Amèrica, i el més llarg d'El Salvador, creuant tot

el país. Cap a finals de l'any 2012 es podien comptabilitzar un total de vint centrals hidroelèctriques amb una capacitat instal·lada total de 487 MW. Les més importants són: *Cerrón Grande* (amb un total de 135 MW nominals), *Guajoyo*, *5 de Noviembre* i la *15 de Septiembre*.^[5]

Una altra font d'energia important per al país, la qual es troba en alt creixement és la energia geotèrmica. L'empresa dedicada a la producció d'energia elèctrica utilitzant els recursos geotèrmics del país és *La Geo*. Actualment existeix una capacitat instal·lada total de 450 MW, que suma la producció neta del 23% de l'energia elèctrica produïda pel Salvador.^[6]

Les dues centrals geotèrmiques més importants del país, són la de *Ahuchapán* i la de *Berlín*. A aquesta última, a l'any 2007 s'hi van afegir dues unitats més (la *Unidad 3* i la *Unidad 4*), amb un total de casi 50 MW de capacitat nominal.

3.3. Previsions de futur d'El Salvador

El futur de la generació d'energia a El Salvador és bastant incert. Per ara, tant la CEL com *La Geo*, estan oferint grans inversions per al creixement tant de centrals hidroelèctriques com de geotèrmiques, per tal d'explotar aquest recurs el màxim possible.

En quant a l'energia solar fotovoltaica, bastant inexistent fins a aquests moments, s'ha de destacar que recentment, fa menys d'un any, es va inaugurar a El Salvador el projecte d'energia solar fotovoltaica de major dimensions al país. Es tracta d'un projecte anomenat *Providencia*, en el municipi d'El Rosario, i ofereix una planta amb capacitat de 101 MW, apostant així per una de les propostes més significatives de l'avanç del sector elèctric cap a un futur energètic de baix impacte ambiental.^[7]

En quant al gas natural, recentment també s'ha donat a conèixer el projecte de la construcció d'una planta de generació tèrmica de capacitat de 380 MW, al municipi salvadoreny de Acajutla, que té com a objectiu aportar a l'any 2025 el 33,5% del total de la generació d'energia al país. De moment no es té gaire informació sobre aquest projecte, però segons fonts consultades les obres haurien de començar aquest any 2018.^[8]

4. OBTENCIÓ I TRACTAMENT DE DADES

En general, quan es comença un estudi on es necessiten dades històriques fiables, hi ha diferents fonts d'on es poden obtenir aquestes. En el cas de l'estudi de dades energètiques la font més fiable és la *International Energy Agency*. Tot i això, al cas concret d'El Salvador, es van valorar diferents fonts per l'obtenció d'aquestes dades. La més destacable és el *Consejo Nacional de Energía*, una institució estatal de caràcter autònom, rectora de la política energètica nacional a El Salvador. La pàgina web oficial del CNE presenta informació de tota mena, com per exemple un Sistema d'Informació Energètica actualitzat diàriament, disponible per a tothom, i una base de dades bastant extensa en quant als balanços energètics. Tot i això, es va descartar la opció de tractar amb aquestes dades ja que volíem fer un estudi d'un escenari el més fiable i realista possible, i al tractar-se d'una institució estatal no sabíem fins quin punt ho seria.

4.1. Dades històriques i IEA

Finalment es va prendre la decisió de tractar l'estudi amb les dades de la IEA, l'Agència Internacional de l'Energia, en anglès *International Energy Agency*. La IEA és una organització autònoma intergovernamental establerta en el marc de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OECD). La formen un total de 30 estats membres i actua com a assessor de polítiques a aquests estats, tot i que també treballa amb altres països no membres, especialment amb la Xina i l'Índia. Els tres focus principals de l'Agència sobre la política energètica són: seguretat energètica, desenvolupament econòmic i protecció del medi ambient. Aquest últim, com podem imaginar, és centra en la mitigació del canvi climàtic, i per tant, es pot dir que la IEA té un paper molt important a l'hora de promoure fonts d'energia alternativa i polítiques energètiques racionals.

A la pàgina web de la IEA es poden trobar informacions molt diverses relacionades amb els recursos energètics i el seu ús arreu del món. Aquest projecte es centra en els "Balanços", la IEA proporciona una base de dades gratuïta en línia dels balanços energètics i emissions de més de 150 països i regions. Es poden trobar les dades per a tots els estats membres de la OECD però també per molts no-membres, així com les dades agrupades en regions com per exemple: la Unió Europea, conjunt dels estats membres de la OECD, Àsia sense la Xina, Àfrica, OECD Amèrica, OECD Àsia Oceania, etc.

Aquesta base de dades es pot trobar a la web oficial de la IEA ^[9] i presenta d'una manera molt senzilla i fàcil d'entendre, aquests balanços energètics. Les dades energètiques que proveeix aquesta base estan expressades en quilo tones equivalents de petroli, és a dir, en ktoe. Per al desenvolupament del treball es va decidir fer una conversió d'aquestes dades en unitats del Sistema Internacional, a Joules (J). Aquesta conversió es pot fer també des de l'apartat de *Unit Converter* ^[10] que ofereix la IEA a la seva pàgina web. Així doncs, la conversió és la següent:

$$1 \text{ ktoe} = 4,1868 \cdot 10^{13} \text{ J} \quad \text{Eq.1}$$

Al tractar-se d'unitats molt elevades, és farà un segon canvi de conversió, en comptes de tractar les dades en Joules, ho farem en Exajoules (EJ), de manera que:

$$1 \text{ J} = 1 \cdot 10^{-18} \text{ EJ} \quad \text{Eq.2}$$

I ajuntant aquestes dues conversions, finalment queda que:

$$1 \text{ kt oe} = 4,1868 \cdot 10^{13} \text{ J} = 4,1868 \cdot 10^{-5} \text{ EJ} \quad \text{Eq.3}$$

En quant a les emissions de CO₂, que com hem dit també tractarem, a la pàgina de la IEA venen expressades en MtCO₂ i per tant, no ha calgut fer cap conversió de dades.

4.2. Càlcul de l'energia primària

L'Agència Internacional de l'Energia (IEA) ens dota de la informació suficient per tal de calcular el vector energètic a El Salvador per cada any, des del 1990, el primer any que estudiarem com a data històrica. El balanç energètic està presentat de la següent forma, en *Total Primary Energy Supply*, és a dir, en subministrament total d'energia primària:

El Salvador: Balances for 2000

in thousand tonnes of oil equivalent (kt oe) on a net calorific value basis

2000

Indicators

Balances

Coal

Electricity and Heat

Natural Gas

Oil

Renewables and Waste

	Coal*	Crude oil*	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Geothermal, solar, etc.	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total**
Production	0	0	0	0	0	101	676	1342	0	0	2119
Imports	1	1016	1110	0	0	0	0	6	69	0	2202
Exports	0	0	-282	0	0	0	0	0	-10	0	-292
International marine bunkers***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
International aviation bunkers***	0	0	-74	0	0	0	0	0	0	0	-74
Stock changes	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	11
TPES	1	1016	766	0	0	101	676	1348	60	0	3967

Advanced search

Country/region

El Salvador

Topic

Balances

Year

2000

Search

Figura 9. Balanços energètics d'El Salvador a l'any 2000 [Font: IEA]

Les TPES són el total d'energia produïda per mitjà de cada font primària que es consumeix en la regió corresponent, és a dir:

$$TPES = \text{Producció} + \text{Importació} + \text{Exportació} + \text{Bunkers marítims internacionals} + \text{Bunkers d'aviació internacional} + \text{canvis d'estoc} \quad \text{Eq.4}$$

A l'hora d'agafar aquestes dades per calcular el vector energètic, s'ha d'anar una mica en compte, ja que les TPES no es poden prendre com el valor d'energia primària per a totes les fonts. En els casos del carbó, el gas natural, la nuclear, hidroelèctrica, geotèrmica, biofuels i residus sí que podrem considerar el total de les seves TPES com a valor d'energia primària. En canvi, no ho podrem fer en el cas del petroli.

Amb el petroli cal anar en compte ja que tot no es fa servir en usos energètics, hi ha una part que s'utilitza per exemple, en la fabricació de plàstics o altres materials. Per obtenir el valor real de l'energia

primària del petroli s'han de tenir en compte els productes refinats, i per tant es calcularà de la següent forma i seguint l'exemple superior (Figura 9):

El Salvador: Balances for 2000

in thousand tonnes of oil equivalent (ktoe) on a net calorific value basis

2000 ▼	Indicators	Balances	Coal	Electricity and Heat	Natural Gas	Oil	Renewables and Waste					
		Coal*	Crude oil*	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Geothermal, solar, etc.	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total**
Production		0	0	0	0	0	101	676	1342	0	0	2119
Imports		1	1016	1110	0	0	0	0	6	69	0	2202
Exports		0	0	-282	0	0	0	0	0	-10	0	-292
International marine bunkers***		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
International aviation bunkers***		0	0	-74	0	0	0	0	0	0	0	-74
Stock changes		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
TPES		1	1016	766	0	0	101	676	1348	60	0	3967
Transfers		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Statistical differences		0	0	10	0	0	0	0	0	4	0	14
Electricity plants		0	0	-338	0	0	-101	-676	0	290	0	-824
CHP plants		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heat plants		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas works		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oil refineries		0	-1016	949	0	0	0	0	0	0	0	-67
Coal transformation		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liquefaction plants		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other transformation		0	0	0	0	0	0	0	-12	0	0	-12
Energy industry own use		0	0	-27	0	0	0	0	0	-9	0	-36
Losses		0	0	0	0	0	0	0	0	-39	0	-39
Total final consumption		0	0	1360	0	0	0	0	1336	306	0	3002

Advanced search

Country/region
El Salvador ▼

Topic
Balances ▼

Year
2000 ▼

Search

Or:

Country/region
El Salvador ▼

Graph
Select ▼

Search

Figura 10. Balanços energètics petroli d'El Salvador a l'any 2000 [Font:

I expressat com a fórmula,

$$V_{crude} = Oil\ refineries_{Oil\ products} + TPES_{Oil\ products} \quad \text{Eq.5}$$

Així doncs, amb la contribució de les fonts primàries es pot calcular el vector energètic d'un país (V_{Total}), i utilitzant les dades que ens proporciona la IEA,

$$V_{Total} = V_{crude} + V_{carbó} + V_{gas\ natural} + V_{nuclear} + V_{hidroelèctrica} + V_{geotèrmica} + V_{biofuels} \quad \text{Eq.6}$$

I al cas concret d'El Salvador, on les fonts d'energia primària són el petroli, la hidroelèctrica, la geotèrmica, els biocombustibles i en una petita part el carbó:

$$V_{Total} = V_{crude} + V_{carbó} + V_{hidroelèctrica} + V_{geotèrmica} + V_{biofuels} = (Oil\ refineries_{Oil\ products} + TPES_{Oil\ products}) + TPES_{carbó} + TPES_{hidroelèctrica} + TPES_{geotèrmica} + TPES_{biocombustibles} \quad \text{Eq.7}$$

4.3. Càlcul i comprovació de les emissions de CO₂

A la web de la IEA, igual que podem trobar els balanços energètics, també, tal com s'ha mencionat abans, es poden trobar diferents tipus de dades. Entre aquestes, trobem les emissions de CO₂ per a cada país en cada any. A part d'això, aquestes emissions també es poden calcular a partir de les TPES explicades a l'apartat anterior.

Existeixen moltes metodologies per determinar les emissions de CO₂ que comportarà la crema d'aquests combustibles. Per a aquest treball s'utilitzarà la que recomana la pròpia UNFCCC i que recull a un dels informes de l'IPCC, un càlcul senzill basat en un Factor d'Emissió associat a cada combustible fòssil ^[11]. Aquesta metodologia assumeix que el total de la contribució al vector energètic de les fonts fòssils, és a dir, el carbó, el petroli i el gas natural es crema. Cada font d'energia primària té un factor diferent depenent del seu grau d'emissió:

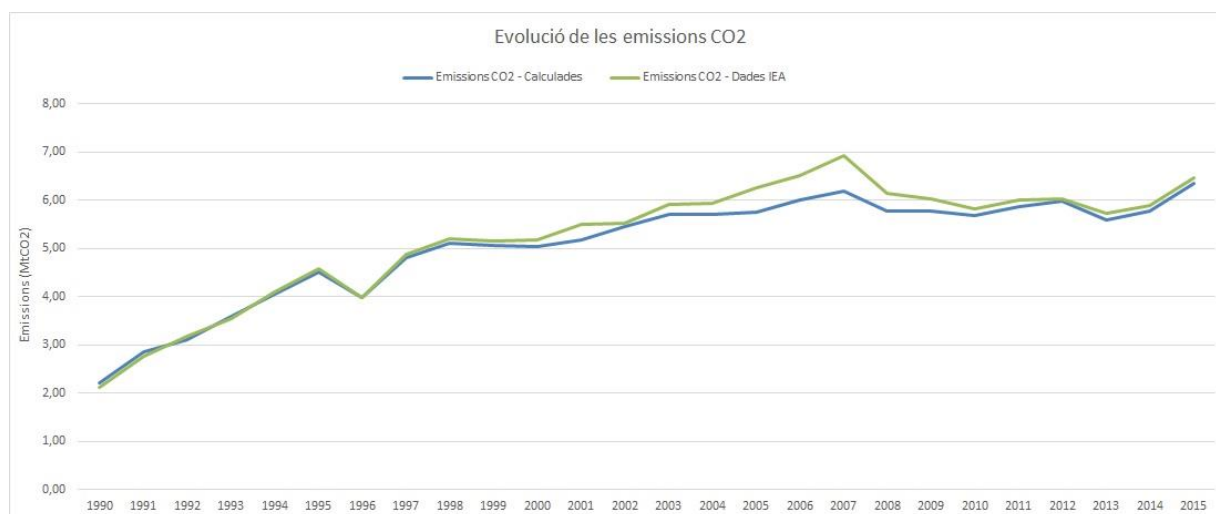
	kg CO ₂ /MJ	Mt CO ₂ /ktoe
Carbó	0,09	0,0038
Petroli	0,07	0,0029
Gas Natural	0,05	0,0021

Taula 1. Factors d'Emissió dels combustibles fòssils [Font: pròpia]

En el cas concret d'El Salvador, com ja s'ha vist anteriorment, la única font d'energia fòssil amb pes és el petroli, i per tant, totes les emissions de CO₂ degudes al vector energètic d'aquest país vindran donades per aquesta font. Així doncs, les emissions es calculen com:

$$Emissions\ CO_2 = V_{crude} \cdot Factor\ d'Emissió = V_{crude} \cdot 0,0021 [MtCO_2] \quad \text{Eq.8}$$

A continuació es mostra el gràfic comparatiu entre les emissions que ens proporciona directament la IEA i les emissions calculades a partir dels Factors d'Emissió vist en aquest apartat.



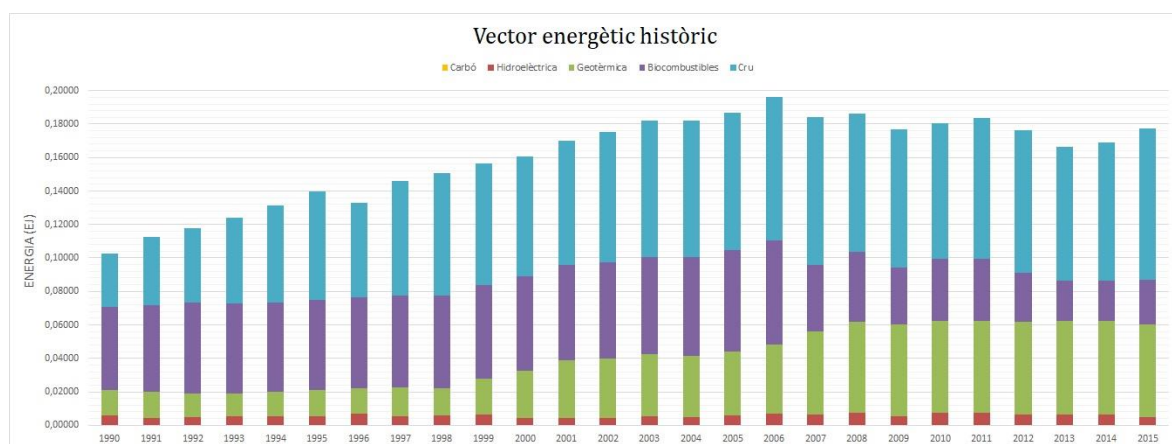
Gràfica 1. Evolució de les emissions de CO₂ – Calculades i obtingues a la IEA [Font: pròpia]

Com podem observar a la gràfica 1, existeixen certes discrepàncies entre les dues línies d'evolució de les emissions de CO₂ i això es deu a que el Factor d'Emissions utilitzat per a calcular les emissions (línia blava) és un mètode simplificat però no el que ofereix el cas més realista.

4.4. Anàlisi de l'històric

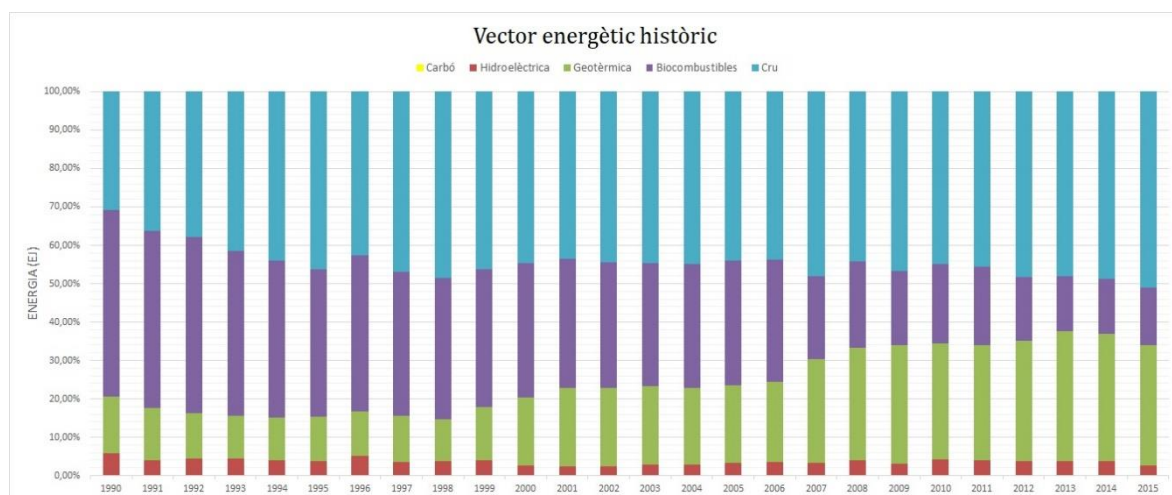
La forma de veure la contribució de les diferents fonts d'energia primària al seu consum energètic és mitjançant el vector energètic. D'aquesta manera també es pot veure el percentatge de fonts emissores i fonts no emissores que representen el consum energètic del país i el pes que té cadascuna. El vector energètic d'un país també és una forma molt representativa de veure l'evolució d'aquell país en el període estudiat, i un cop construït aquest escenari històric, ja passat, es poden començar a construir i analitzar els diferents escenaris futurs que podran arribar a succeir.

En aquest apartat es farà un anàlisi de les dades històriques en el període comprès entre l'any 1990 i l'any 2015, i es construirà el vector energètic per a aquests anys. També, a partir del vector energètic es podrà calcular el recorregut d'emissions de CO₂ del país en aquest període.



Gràfica 2. Vector energètic d'El Salvador 1990-2015 [Font: pròpia]

A la gràfica superior, on es mostra el vector energètic d'El Salvador dins el període comprès entre el 1990 i el 2015, es pot observar un creixement, es podria dir que lineal, entre el 1990 i el 2006. Això reflecta molt bé el creixement econòmic i tecnològic que va experimentar El Salvador, un cop va anar arribant la fi de la guerra civil que va patir el país fins a l'any 1992. A partir del 2006 s'observa una estabilització de la demanda energètica, fins i tot es veu una lleugera disminució als anys posteriors al 2006 respecte aquest. Això pot ser degut a la crisi econòmica mundial que també a repercutir en el vector energètic de molts països i també a catàstrofes naturals que va patir El Salvador en aquell període i que van suposar unes grans pèrdues per al país.

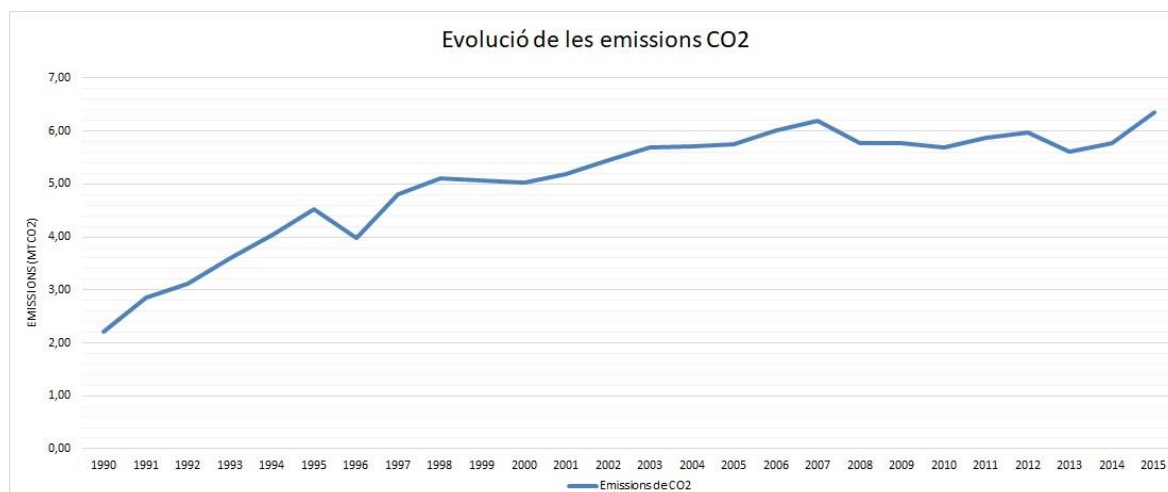


Gràfica 3. Vector energètic d'El Salvador 1990-2015 – contribucions percentuals [Font: pròpia]

A la gràfica 3 es pot observar el vector energètic expressat en tant per cent. Aquesta gràfica ens permet fer un anàlisi una mica diferent a l'anterior, ja que podem observar de manera més visual l'aportació de cada font al vector energètic.

Com és d'esperar en un país en desenvolupament, les fonts d'origen fòssil són les que creixen, en aquest cas és el petroli el que experimenta un creixement prou important, dins aquest període, mentre que els biocombustibles pateixen una notable disminució. Tot i això, també s'observa un creixement molt gran de l'energia geotèrmica, cosa que es deu a la gran inversió que va fer el país en aquesta font d'energia, creant una nova central, la Central Geotèrmica Berlin al 1992 i afegint-hi dues noves unitats al 2007. L'energia hidroelèctrica, tot i ser la més barata que té el país, es manté constant i a nivells molt inferiors a la resta de fonts d'energia.

Les emissions de CO₂ venen relacionades amb el desenvolupament del vector energètic, i en el cas d'El Salvador, com ja s'ha vist a l'apartat anterior, directament relacionades amb el petroli. A la figura 14 doncs, es veu aquesta evolució de creixement lineal fins al voltant de l'any 2006, i l'estabilització d'aquestes en els anys posteriors.



Gràfica 4. Evolució de les emissions de CO₂ – Calculades [Font: pròpia]

Per a poder tractar aquestes dades d'una manera més còmode, s'ha realitzat un full d'Excel on es fan tots els càlculs corresponents per a obtenir els resultats finals i les gràfiques dels vectors energètics interanuals i totals, que han servit per al desenvolupament del projecte. També els càlculs i comprovacions de les emissions de CO₂ tant com les gràfiques que s'han mostrat en aquest apartat i als següents. Aquest document d'Excel es pot trobar als Annexos digitals, és a dir, al CD que s'adjunta amb aquest projecte.

5. ESCENARIS BAU ENERGÈTIC

El concepte BAU, *Business as usual*, és un concepte molt utilitzat en el món de l'estadística i l'estudi del mercat, ja que serveix per crear projeccions d'una variable concreta envers al futur, seguint la seva tendència històrica. Aquests escenaris BAU es poden crear de diferents maneres, sempre respectant la tendència històrica i buscant la projecció de futur més probable, sense aplicar-li objectius ni canvis.

L'estudi d'aquests escenaris presenta un pes molt important a l'hora de desenvolupar treballs i estudis d'aquest tipus, ja que permet veure la projecció de la variable estudiada en un futur i agafar-la com a referència per a estudiar possibles canvis que ens portin a un escenari alternatiu més favorable al objectiu o objectius que volem arribar.

Dins del BAU d'una variable també poden haver-hi altres variables de les que també es pot estudiar el seu BAU. Això ho trobem en el cas que estudiarem, el del vector energètic, ja que aquest vector el formen diferents fonts d'energia, de les quals es podrà estudiar el BAU per separat, per poder observar el comportament de cada una d'aquestes. Per això és important l'estudi de diferents escenaris BAU, ja que d'aquesta manera podrem observar el comportament de cada font en cada cas estudiat, i d'aquesta manera poder triar la metodologia més adequada.

5.1. Metodologies estudiades

En aquest apartat es mostren les diferents metodologies estudiades per tal d'aconseguir el BAU final del vector energètic a El Salvador més adequat, tenint en compte els diferents factors que veurem a continuació. Tal com s'ha dit anteriorment, serà molt important estudiar el BAU de cada font d'energia per separat, per tal de veure si realment té sentit o no l'escenari en qüestió.

En cada metodologia s'estudien els BAU de cada font d'energia i també el BAU total, de manera que la triada sigui la més encertada, tenint en compte totes les variables. Per a l'estudi d'aquests mètodes es va creure convenient l'estudi dels BAU en períodes no gaire amplis, ja que al estar estudiant El Salvador, un país encara en creixement del que és difícil saber quina direcció prendrà en un futur proper en quant a fonts d'energia, es va veure més adient centrar-se en aquest futur proper per poder prendre la decisió més adient en quant al BAU final. Així doncs, en aquest apartat, els resultats gràfics es mostraran en el període que es compren des de l'any 1990 fins a l'any 2039.

També cal destacar, que en els casos on el comportament de les fonts d'energia s'anava cap a valors negatius, s'ha forçat de manera manual aquests valors a zero, ja que una aportació negativa en quant a energia no tenia cap sentit. Això es pot veure de forma més detallada als annexos .

5.1.1. BAU 1 - Suavitzat de Holt

El mètode suavitzat de Holt es basa en un mètode de suavització exponencial, que pronostica el futur d'una variable en un període determinat. Aquest mètode utilitza unes constants de suavització que el que fan es reduir l'error que existeix entre el valor real i el pronòstic. Aquestes constants són l'alfa (α) i la delta (δ) i el seu valor es troba comprès entre 0 i 1.

El mètode de Holt es defineix amb dos equacions:

$$S_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad \text{Eq.9}$$

$$b_t = \delta \cdot (S_t - S_{t-1}) + (1 - \delta) \cdot b_{t-1} \quad \text{Eq.10}$$

On, com ja hem dit,

$$0 \leq \alpha \leq 1 \quad i \quad 0 \leq \delta \leq 1$$

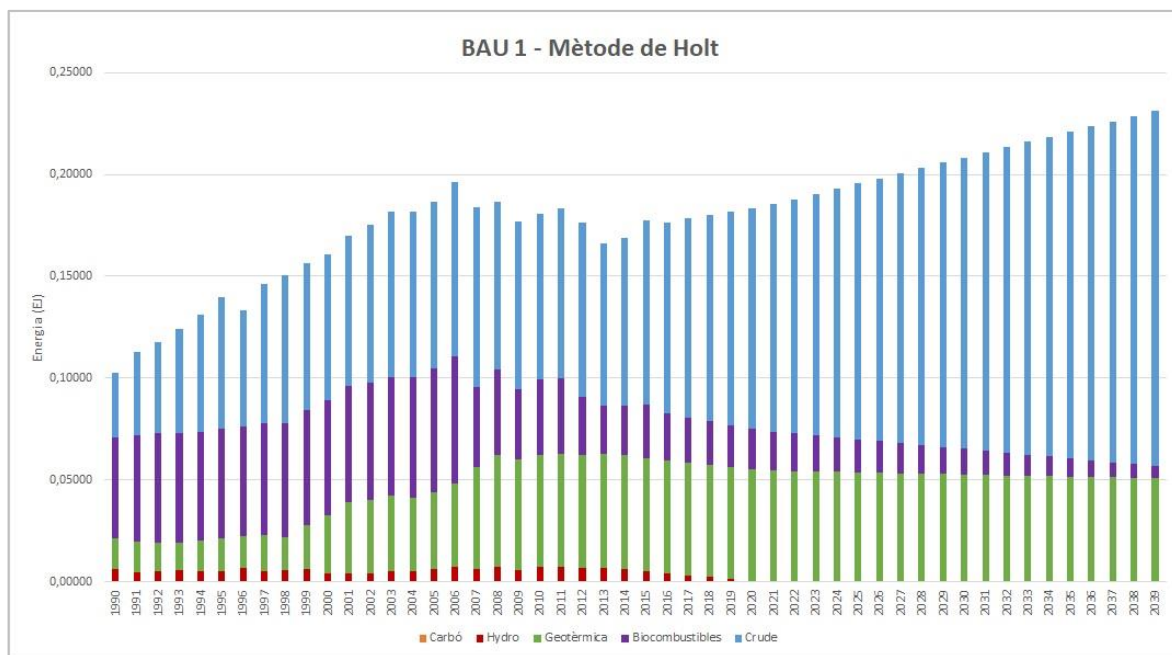
I on y_t és el valor de la sèrie temporal en el temps t , S_t és la variable que defineix el valor del nivell en el temps t i b_t és la variable que declara la tendència al temps t .

El valor de la sèrie y_t s'utilitza per a calcular el seu valor suavitzat S_t reemplaçant en el mètode. En conseqüència, primer de tot hem de declarar uns valors inicials per a S_1 i b_1 . Així doncs, declarem S_1 com el primer valor de la sèrie y_1 , i b_1 com la diferència entre els dos primers valors de la sèrie, $b_1 = y_2 - y_1$. Primerament també s'han d'estimar uns valors per als paràmetres α i δ , els quals calculem pel mètode dels mínims quadrats.

Així doncs, els valors futurs de la sèrie de cada variable estudiada seran,

$$y_{T+k} = S_T + k \cdot b_T \quad \text{Eq.11}$$

El mètode s'ha estudiat amb l'ajuda d'un full de càlculs d'Excel i dins d'aquest, amb una funció denominada Solver, que ens ha permès el càlcul del valor final de les constants alfa (α) i delta (δ) de manera més senzilla. Per a l'estudi d'aquest mètode es va estudiar un període $T=50$ anys, ja que com s'ha dit anteriorment, es va creure convenient l'estudi dels BAU en uns períodes no gaire amplis.



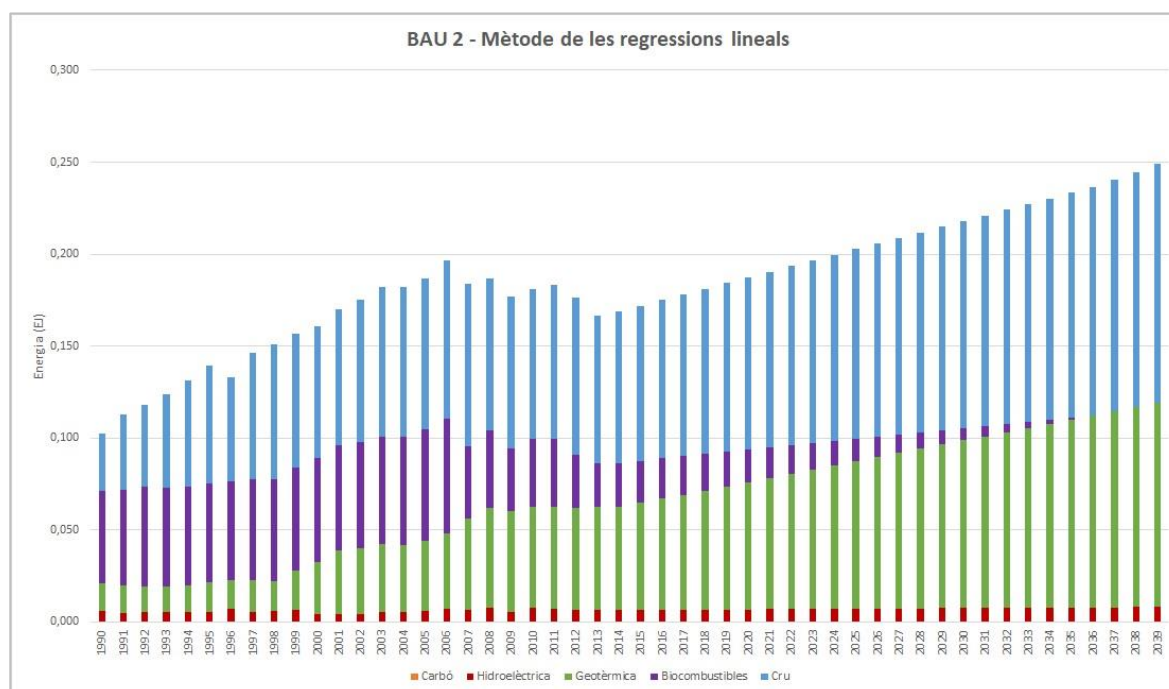
Gràfica 5. Escenari BAU del vector energètic – mètode 1. Font: elaboració pròpia.

Aquest mètode ens dona un resultat d'un BAU bastant improbable. Com es pot observar a la gràfica 5, al 2039 es produiria un augment de l'energia total bastant baix respecte les dades històriques. Com ja s'ha comentat, El Salvador és un país en actual desenvolupament i creixement i per tant, aquest escenari es quedaria curt. Una altra cosa que no té gaire sentit és la repartició en quant a l'aportació de cada font d'energia a la que condueix aquest escenari, ja que presenta un excessiu augment de l'aportació del petroli respecte les altres fonts. Diem que no té sentit ja que El Salvador no és un gran país productor de petroli, al contrari, la gran majoria d'aquest és importat, mentre que si que produeixen geotèrmica, com ja hem vist anteriorment, i es preveu un continu augment en aquesta font per al país, cosa que no expressa tampoc el resultat del BAU trobat amb aquest mètode.

5.1.2. BAU 2 - Regressions lineals

El mètode de les regressions lineals es basa en la projecció d'un BAU que es forma amb les rectes de regressió de cada font d'energia, i del total, amb les dades històriques. Aquesta regressió és molt visual, ja que mostra el comportament de l'històric cap a un escenari futur.

Mitjançant l'Excel de dades i amb la funció de l'eina del càlcul de les rectes de regressió, mitjançant el pendent d'aquesta, s'han trobat els diferents valors de futur per a aquestes variables.



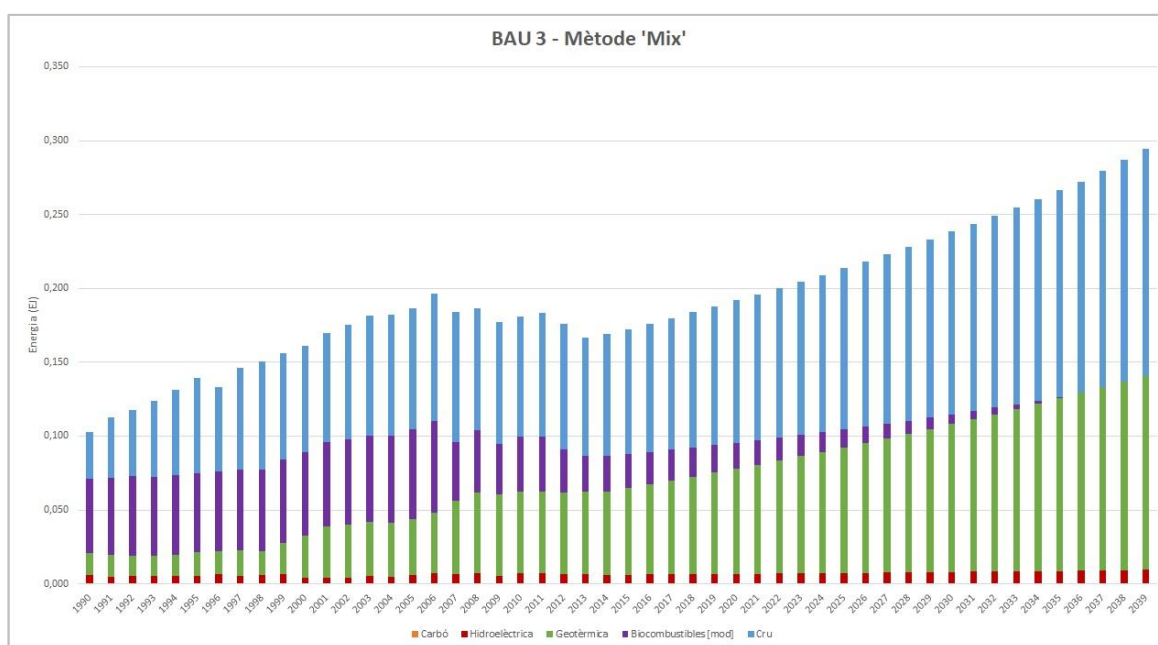
Gràfica 6. Escenari BAU del vector energètic – mètode 2. Font: elaboració pròpia.

A primera vista, podem observar que aquest mètode és bastant millor que l'anterior per diferents motius. Primerament, el valor total de l'energia a l'últim any és considerablement més alt que al BAU anterior. També mostra un augment del petroli més discret, compensant-ho amb un augment de l'energia geotèrmica de pendent semblant a l'anterior. Tot i aquestes raons, no seria del tot correcte considerar que totes les fonts d'energia seguiran una tendència lineal respecte les històriques.

5.1.3. BAU 3 – Mètode “Mix”

Finalment, l'últim mètode estudiat és un mètode desenvolupat per una altra alumna de la EEBE, l'Andrea Trigo, en el seu treball de recerca^[13]. Aquest mètode uneix dues metodologies usualment utilitzades per a l'estudi de diferents BAU, i busca un resultat òptim per al càlcul de BAU de vectors energètics.

El que fa aquest mètode, primerament, és calcular la tendència total del vector a partir de la mitjana de les taxes de variació interanuals. D'altra banda, es calculen les rectes de regressió de cada font de manera individual i es troba el valor de l'energia de tots ells per a cada un dels anys a partir del pendent, com ja s'havia fet al BAU 2. A partir d'aquestes dades es calcula la contribució percentual de cada font d'energia. El producte entre aquestes contribucions i el total del vector trobat anteriorment per mitjà de taxes proporciona un nou valor per a cada component.



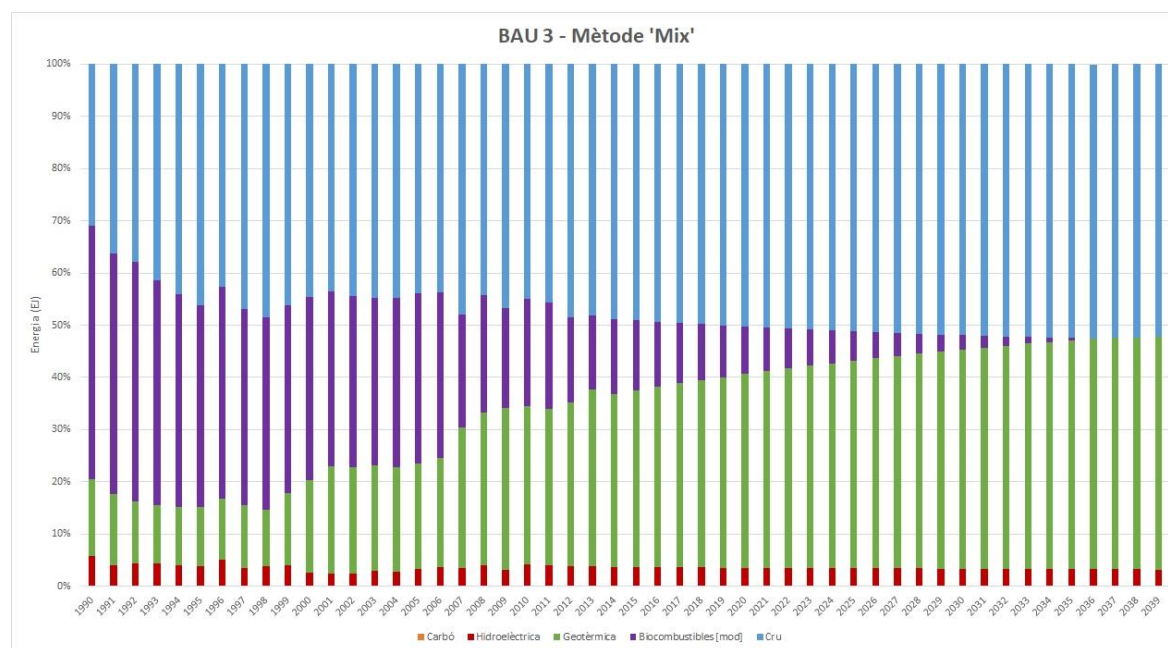
Gràfica 7. Escenari BAU del vector energètic – mètode 3. Font: elaboració pròpia.

A primera vista es pot apreciar que aquest mètode és una versió millorada de l'anterior, el BAU 2 ja que representa molt bé el que podria ser el comportament del vector energètic en els propers anys a El Salvador. Com passava amb l'anterior, el valor total de l'energia a l'últim any és considerablement més alt que al BAU 1, però a més ara, a diferència del BAU 2, segueix un creixement més tirant a exponencial que a lineal. En conjunt mostra un augment del petroli discret i un augment considerable de l'energia geotèrmica.

5.2. Metodologia escollida

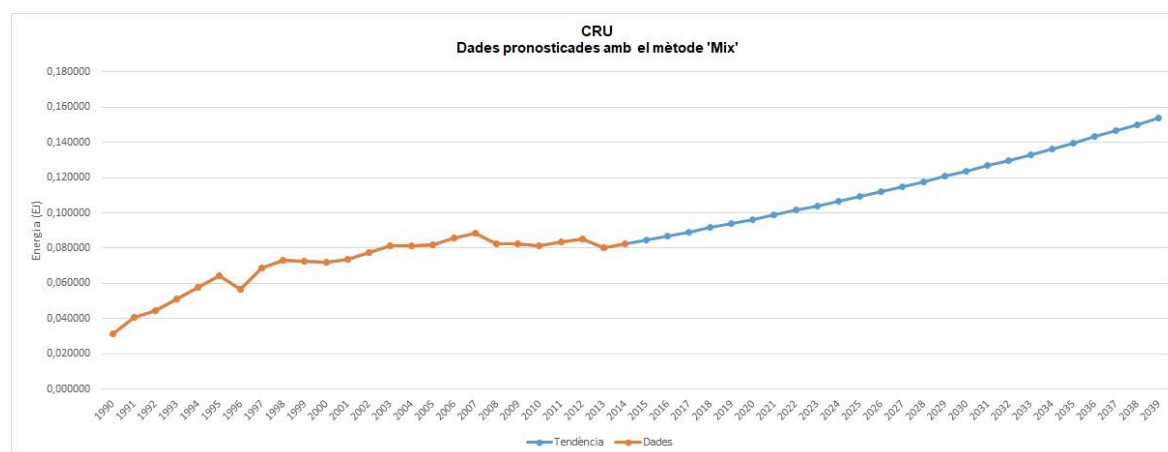
Com s'ha pogut veure a l'apartat anterior, on s'han analitzat els diferents BAU estudiats, l'últim d'aquests era el que presentava uns resultats més realistes i probables, així que la metodologia escollida ha estat aquesta, el BAU 3 – mètode 'Mix'.

En aquest apartat es mostra amb profunditat el BAU escollit i el resultat per a cada font d'energia.

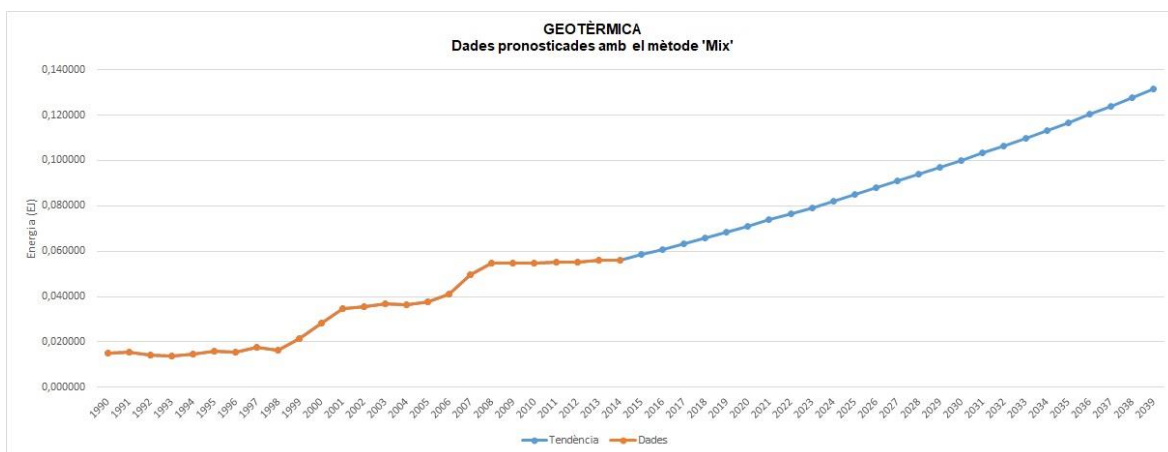


Gràfica 8. Escenari BAU del vector energètic – mètode 3. Font: elaboració pròpia.

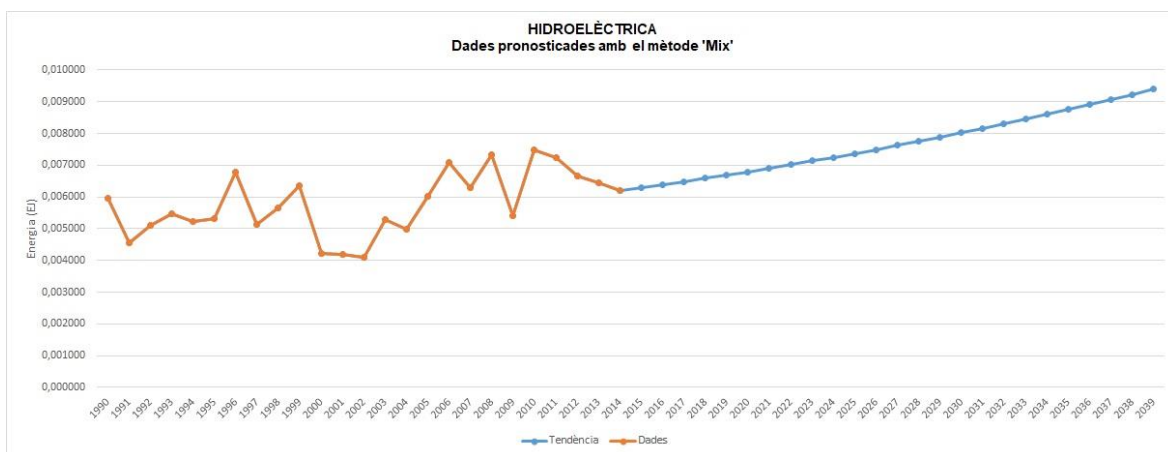
Gràfica apilada en 100%



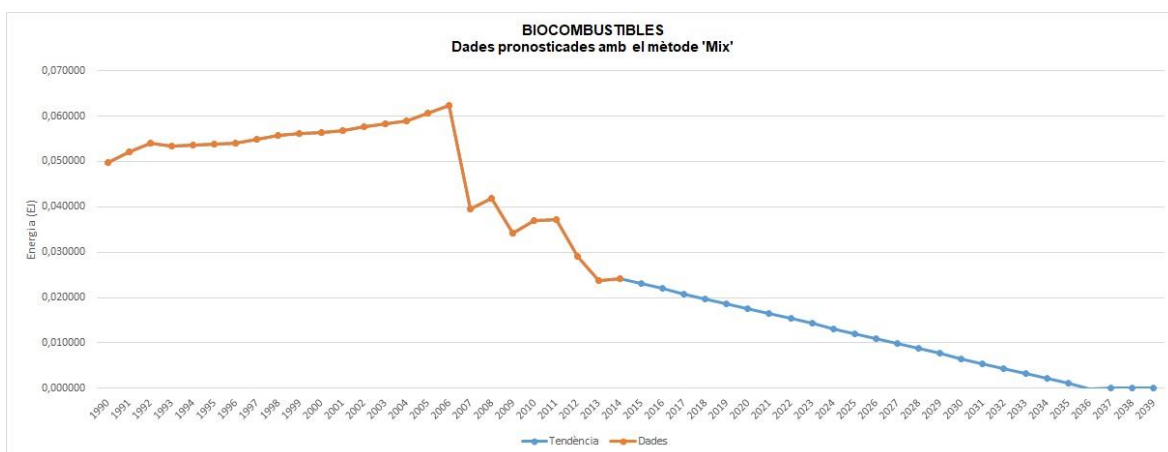
Gràfica 9. Escenari BAU del petroli – mètode 3. Font: elaboració pròpia.



Gràfica 10. Escenari BAU de la geotèrmica – mètode 3. Font: elaboració pròpia.



Gràfica 11. Escenari BAU de la hidroelèctrica – mètode 3. Font: elaboració pròpia.



Gràfica 12. Escenari BAU dels biocombustibles – mètode 3. Font: elaboració pròpia.

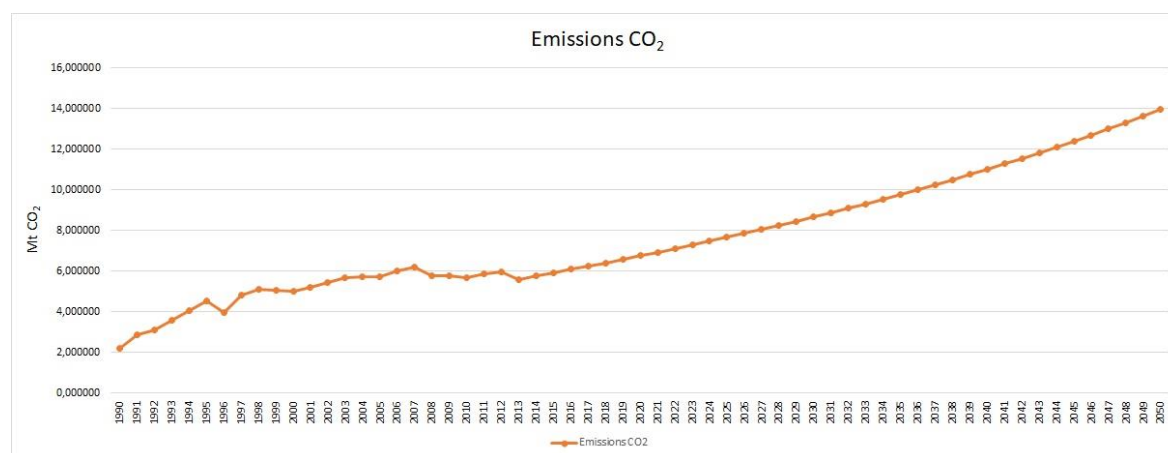
6. ESCENARI BAU EMISSIONS

L'escenari BAU per les emissions de CO₂ a El Salvador serà calculat directament amb el BAU del vector energètic escollit a l'apartat anterior. Això es degut a que en aquest país en concret, la única font d'origen fòssil amb prou pes com per ser estudiada és el petroli. Com aquestes emissions vindran donades només per una variable, no té cap sentit estudiar altres metodologies quan ja hem trobat la òptima. Així doncs, per obtenir aquest escenari BAU d'emissions a partir de l'escenari BAU del petroli s'hauran de fer diferents càlculs. Dels valors dels que disposem del petroli, que és energia en EJ obtindrem les megatonnes de CO₂ alliberades per aquesta font.

Veiem com a exemple el valor per l'any 2015 on tenim el valor de 0,08465 EJ pel petroli, i sabent que el factor d'emissions per al petroli és de $0,07 \frac{Kg CO_2}{MJ}$,

$$0,08465 EJ \cdot 0,07 \frac{Kg CO_2}{MJ} \cdot \frac{10^{12} MJ}{1 EJ} \cdot \frac{1 Mt CO_2}{10^9 Kg CO_2} = 5,92552 Mt CO_2 \quad \text{Eq.12}$$

Així doncs, haurem de multiplicar per un factor de 70 tots els valors del BAU final del petroli per a obtenir el BAU d'emissions de CO₂.

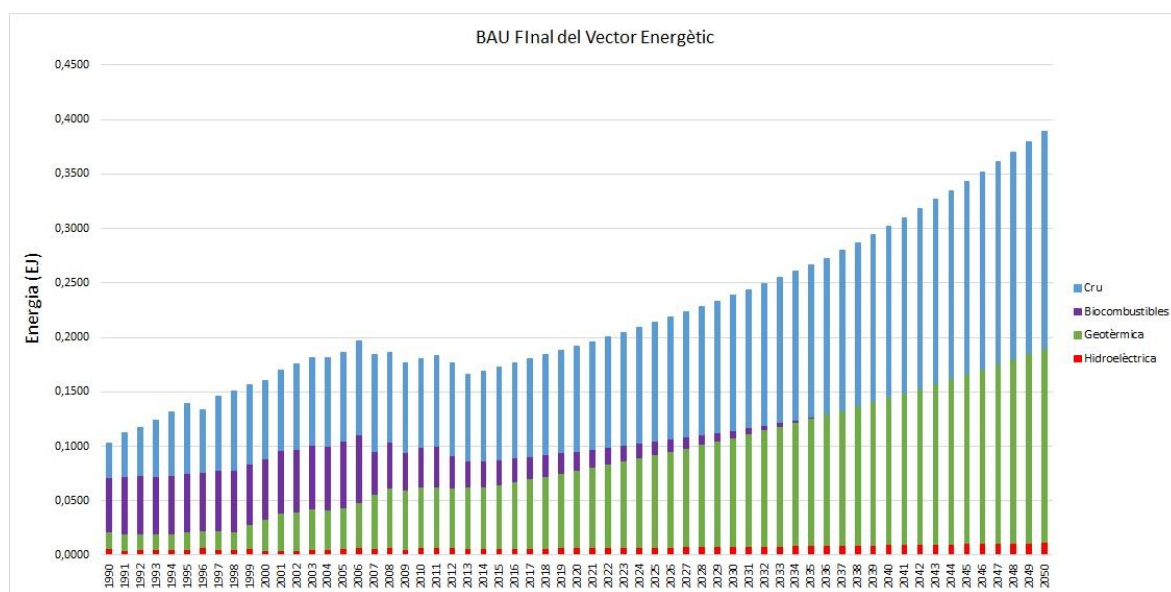


Gràfica 13. Escenari BAU de les emissions de CO₂. Font: elaboració pròpia.

7. ESCENARIS ALTERNATIU

Al següent apartat s'estudien dos tipus d'escenaris de projecció de futur del vector energètic a El Salvador. Aquests escenaris es construeixen a partir de suposicions, fixant un estat final, i reconstruint el camí per arribar a aquest objectiu final. Tot i que aquests escenaris es construeixen a partir de canvis, es fixarà un factor: el vector energètic total seguirà la tendència del BAU total pels dos escenaris, i per tant no variarà en el seu total, sinó que els canvis s'aplicaran en les seves contribucions.

A diferència de quan s'estudiaven les diferents metodologies per definir el BAU final, on s'havia agafat un període més petit, en aquest cas s'estudiarà el període que es compren entre el 1990 i el 2050, per als dos escenaris. És per això, que primer es presenta el BAU final en aquest període, de manera que es puguin contrastar els resultats de forma més visual.



Gràfica 14. Escenari BAU final del vector energètic. Font: elaboració pròpia.

7.1. Escenari 1

Aquest escenari es construeix a partir d'un model de justícia climàtica, basat en un criteri de distribució per càpita de les emissions de CO₂ per tal d'aconseguir l'objectiu global dels 2°C, és a dir, que l'augment de la temperatura mitjana a la superfície de la Terra respecte a la època preindustrial no superi els 2°C.

Aquest model de justícia climàtica, realitzat per un grup de recerca format per professors de la Universitat Politècnica de Catalunya^[13], té com a resultat la distribució quantificada de les emissions futures de cadascuna de les parts o països. Aquests escenaris es construeixen amb criteris diferenciats

per al conjunt de països que, des d'ara fins al 2025, encara estarien en disposició d'augmentar les seves emissions de CO₂, i per al conjunt format pels països que haurien d'implementar polítiques de mitigació per tal de reduir les seves emissions de forma immediata. Aquest model posa sobre la taula la importància de diferenciar les situacions econòmiques a la que es troben els diferents països, ja que els països en desenvolupament haurien de tenir un marge encara de creixement on tinguessin l'opció d'emetre més CO₂ que per exemple, països desenvolupats que ja n'han emès molt durant l'històric, i que ara doten de més oportunitats i tecnologies per fer front a diferents polítiques de mitigació.

Així doncs, a partir d'aquest model de justícia climàtica, i un cop tenint la corba d'emissions de CO₂ per El Salvador, es calcula la corba de projecció de les fonts fòssils, que en aquest cas és només petroli. Com al vector energètic d'El Salvador només hi destaca una font fòssil, serà senzill calcular-hi la corba:

Sabent que el factor d'emissions per al petroli és de $0,07 \frac{Kg\ CO_2}{MJ}$,

$$valor_{nou_petroli} = valor_{CO_2} \cdot \frac{1\ MtCO_2}{0,07 \frac{KgCO_2}{MJ} \cdot \frac{10^{12} MJ}{1\ EJ} \cdot \frac{1\ MtCO_2}{10^9\ KgCO_2}} [EJ] \quad \text{Eq.13}$$

Un cop es té aquesta corba, es construeix la resta de l'escenari en proporció a l'aportació de les altres fonts respecte el BAU. És a dir,

$$valor_{nou_font} = \frac{\%_{resta_nou}}{\%_{resta_BAU}} * valor_{BAU_font} \quad \text{Eq.14}$$

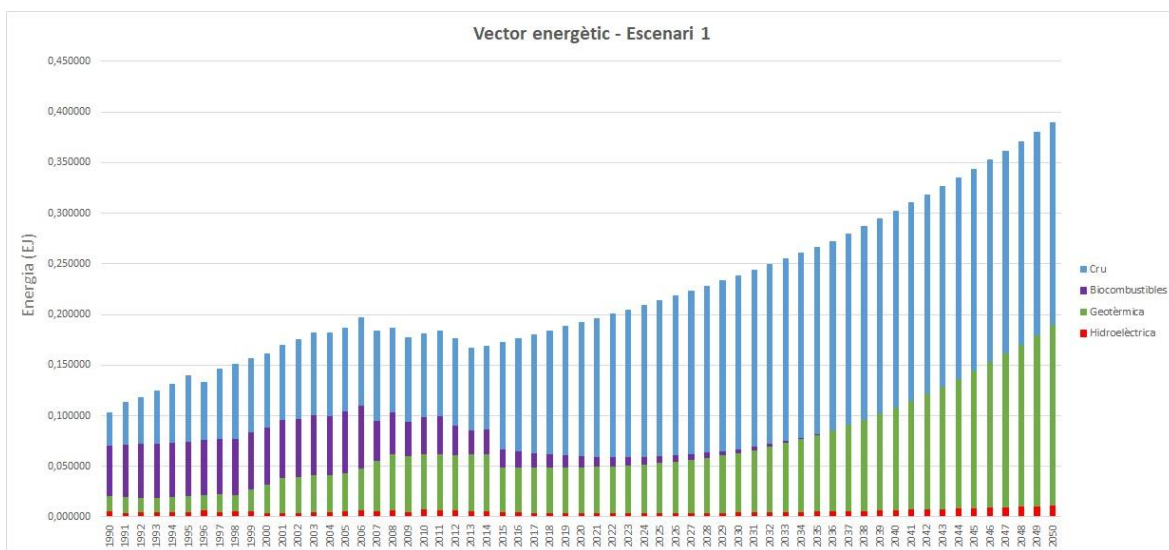
On

$valor_{nou_font}$ és el nou valor de l'aportació de cada font, cada any

$$\%_{resta_nou} = \frac{Total(BAU) - Cru(2^\circ C)}{Total(BAU)} \text{ per cada any} \quad \text{Eq.15}$$

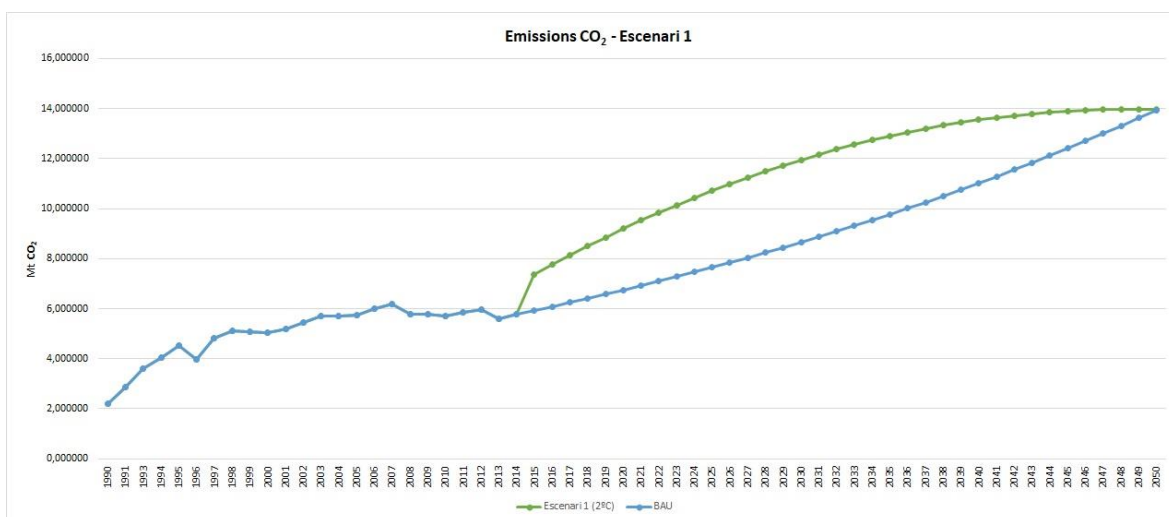
$$\%_{resta_BAU} = \frac{Total(BAU) - Cru(BAU)}{Total(BAU)} \text{ per cada any} \quad \text{Eq.16}$$

$valor_{BAU_font}$ és el valor de l'aportació de cada font, cada any segons el BAU



Gràfica 15. Vector energètic segons l'escenari 1. Font: elaboració pròpia.

Pel que veiem al gràfic superior, que ens mostra el vector energètic a El Salvador fins l'any 2050 tenint en compte el model de justícia climàtica, el petroli passaria a ser una part important d'aquest, arribant al voltant del 70% en alguns anys. Els biocombustibles desapareixerien ràpidament, tal com també ens indicava la tendència del BAU, mentre que la geotèrmica seguiria una tendència exponencial. L'energia hidroelèctrica es mantindria constant i en petita escala, tal com venia passant a l'històric.



Gràfica 16. Comportament de les emissions de CO₂. Font: elaboració pròpia.

Aquest escenari doncs, ens mostra com El Salvador, segons el model de justícia climàtica explicat, podria arribar a emetre molt més CO₂ del que mostrava el seu BAU. Això és així ja que el model de justícia climàtica té en compte les dades històriques del país, i avalua el moment en el que el país es troba en quant a creixement econòmic i la quantitat d'emissions de CO₂ emeses fins l'actualitat. Així doncs, segons el *carbon budget* que aquest model els hi dona, podrien d'ara fins al 2050 utilitzar més fonts fòssils, petroli en aquest cas, i per exemple, valorar guardar geotèrmica per a més tard, quan el país es trobi en un punt de desenvolupament més alt, i hagi d'aplicar polítiques de mitigació. A la corba d'emissions construïda per l'Escenari 1 també es fa preveure que al 2050 s'estaria arribant a un pic d'emissions.

7.2. Escenari 2

Aquest escenari planteja la reducció de l'aportació del petroli a l'any 2050 respecte la última dada real de la que disposem a la IEA (any 2015), sense modificar el total del vector energètic. Entre el 2014-2015 la reducció del petroli es veurà reduïda un 50%, i la part que no quedi abastida per aquesta font, la omplirà la geotèrmica, mentre que la resta de fonts seguiran el mateix comportament que al BAU.

Així doncs, amb la quantitat energètica a l'any 2015 podem obtenir el valor de cru per l'any 2050. Els valors entremetjats es calcularan a partir de la pendent de la recta entre aquests dos anys. Per a cada any, la geotèrmica cobrirà la part energètica que no cobreixi el petroli, ja que com s'ha dit el valor total del vector energètic no es veurà modificat respecte el BAU final, i aquesta serà la manera de compensar la disminució que patirà el cru.

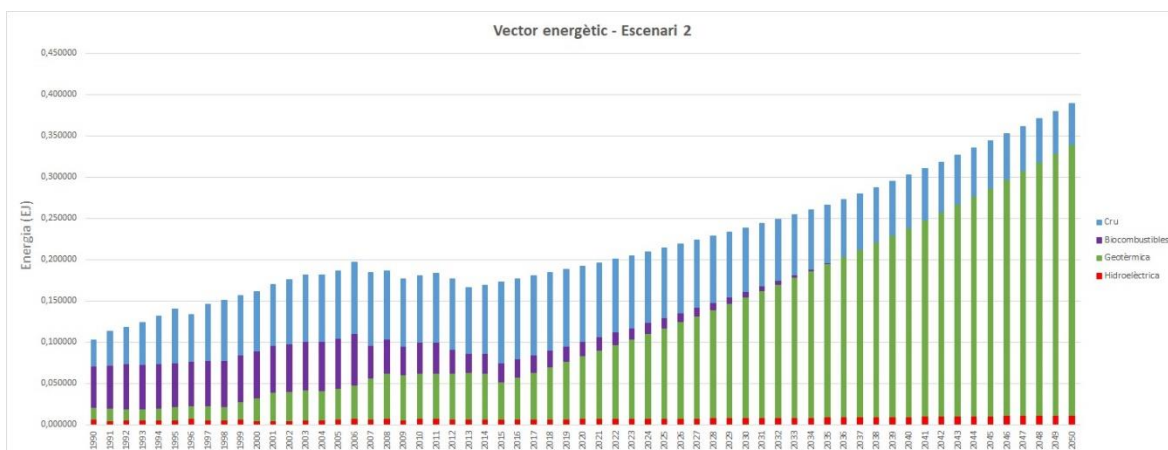
$$valor_{cru_{2050}} = \frac{valor_{cru_{2014}}}{2} \quad \text{Eq.17}$$

$$valor_{nou_{Hidroelèctrica_i}} = valor_{BAU_{Hidroelèctrica_i}} \quad \text{Eq.18}$$

$$Hidroelèctrica_{nou} = Hidroelèctrica_{BAU} \quad \text{Eq.19}$$

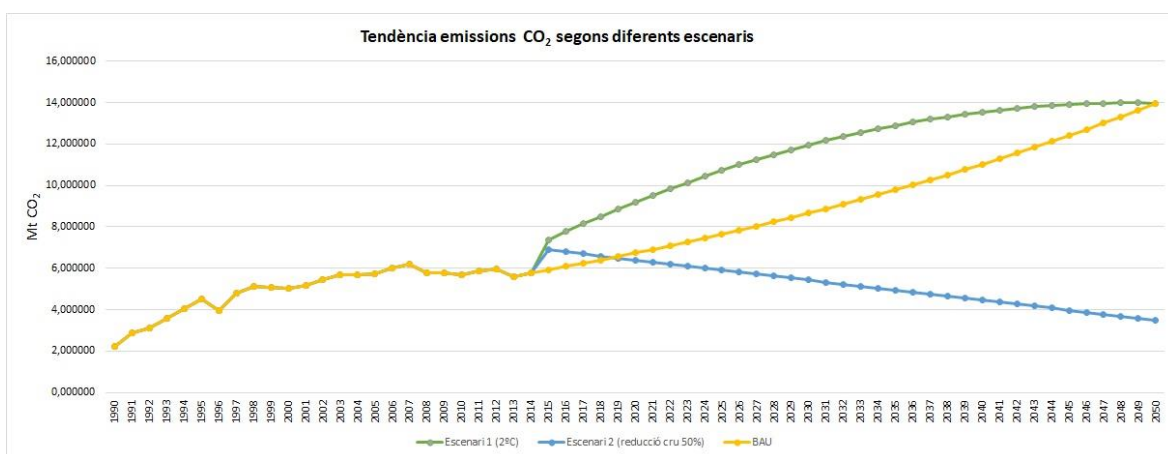
$$Biocombustibles_{nou} = Biocombustibles_{BAU} \quad \text{Eq.20}$$

$$Geotèrmica_{nou} = Total_{BAU} - (Cru_{nou} + Hidroelèctrica_{nou} + Biocombustibles_{nou}) \quad \text{Eq.21}$$



Gràfica 17. Vector energètic segons l'escenari 2. Font: elaboració pròpia.

Aquest segon escenari ens presenta un vector energètic construït majoritàriament per energia geotèrmica. Reduir l'ús del petroli en un 50% respecte la última dada històrica, és a dir el 2015, al 2050 implicaria que a aquest últim any les fonts no emissores representessin un 87,2% mentre el petroli representaria el 12,8% restant. És més, de les fonts emissores, la geotèrmica representaria un 84,7% del total. En comparació amb el BAU, és un percentatge molt important donat que aquesta font hi representa un només un 48,4% del total en l'últim any de la projecció. Això implicaria una gran inversió del país en aquesta font d'energia primària.



Gràfica 18. Comportament de les emissions de CO₂ segons els diferents escenaris.

Font: elaboració pròpia.

Com es pot comprovar a la gràfica 18 es veu una clara reducció de les emissions de CO₂ en el nou escenari respecte el BAU, això implicaria que es deixessin d'emetre 10,48 MtCO₂ l'any 2050 en comparació amb el BAU, o dit d'una altra manera, suposaria que al 2050 les emissions fossin un 25% del total que mostrava el BAU. Aquest és un escenari de mitigació més típic, on assumim que ja ens trobem al pic màxim d'emissions de CO₂ i a partir d'aquí, es reduirien. Aquests tipus d'escenaris són més típics a països desenvolupats, on ja s'hauria d'estar arribant al pic d'emissions, ja que en aquest cas es tenen uns recursos més amplis a l'hora d'aplicar polítiques de mitigació.

8. Anàlisi de l'impacte ambiental

En aquest cas, la realització d'aquest treball i la posterior utilització de l'estudi realitzat no genera cap mena d'impacte ambiental, ja que es tracta d'un treball totalment de recerca, sense part físicament pràctica. Això si, s'ha considerat que es pot fer un anàlisi de l'impacte ambiental generat en quant al consum energètic per a la realització d'aquest, els viatges fins la Universitat i la impressió física en paper a l'hora de l'entrega d'aquest.

Es considera que la realització d'aquest treball s'ha fet en la seva totalitat al mateix ordinador portàtil, de model Acer Aspire E1-572G Intel i7. Aquest portàtil té un consum de 65 W per hora.

Impacte ambiental del consum energètic	
Consum energètic del portàtil (kWh)	0,065
Nombre total d'hores d'ús de l'ordinador (h)	644
Emissions (kgCO ₂ /kWh) ^[14]	0,360
Emissions totals (kgCO ₂)	15,0696

Taula 2. Impacte ambiental consum energètic. Font: pròpia.

Els viatges a la Universitat per a les reunions amb els tutors o visites puntuals a la biblioteca es consideren que es van fer totes des del mateix punt de la ciutat i cap al mateix punt, el meu domicili. Tots els viatges es van realitzar en metro, en concret, un total de 17 parades de la Línia 4 del Metro de Barcelona, que sumen uns 14 km de recorregut.

Impacte ambiental del transport	
Nombre total de viatges	36
Recorregut (km/viatge)	14
Emissions (kgCO ₂ /passatger·km) ^[14]	0,04451
Emissions totals (kgCO ₂)	22,433

Taula 3. Impacte ambiental transport. Font: pròpia.

L'impacte ambiental relatiu a la impressió material del treball és una difícil de comptabilitzar en quant a les emissions indirectes que poden suposar de la impressió i enquadernació d'aquest, així doncs es presenta el quantitat total del nombre de fulls utilitzats.

Impacte ambiental material	
Nombre total de fulls blancs	60
Nombre total de fulls blancs tipus cartolina	1
Nombre total de portades de plàstic	1
Anelles de plàstic per a l'enquadernació	1

Taula 4. Impacte ambiental material. Font: pròpia.

Conclusions

En aquest apartat es presenten les conclusions extretes en la realització d'aquest projecte. Com ja s'havia introduït al principi, el projecte es pot dividir en tres parts: l'estudi de l'històric, la construcció del BAU i l'estudi d'escenaris alternatius. Es per això que les conclusions també es presenten d'aquesta manera, dividides en cada bloc.

- Estudi de les dades històriques d'El Salvador

Les dades històriques i la construcció del vector energètic d'El Salvador ens proporcionen una primera mirada a la història recent del país, i com la desestabilitat política i econòmica ha afectat dins aquest vector energètic de diferents formes. En aquesta part del projecte s'ha aconseguit analitzar la fiabilitat de les dades històriques, posar-se en situació en quant a nivells energètics i fonts d'energia primària.

- Estudi del *Business-as-usual* (BAU)

Arribar a un escenari BAU que representi d'una forma realista les tendències que seguiran unes dades històriques energètiques és complex, ja que s'han de tenir en compte diferents factors. En aquesta part del projecte s'han estudiant tres escenaris BAU diferents, fins que s'ha arribat a un mètode per tal d'arribar al BAU més fiable i el qual s'ha fet servir per a la continuació del projecte.

- Escenaris alternatius

Amb l'estudi de les dades històriques i el BAU s'han pogut construir altres escenaris futurs alternatius. A partir d'aquest estudi s'ha arribat a la conclusió que la tendència del BAU és prou moderada en quant a emissions de CO₂ i que basant-nos en el model de justícia climàtica estudiat en l'escenari primer, és quedaria fins i tot curt en quant a *carbon budget*, podent emetre encara més del que marca la tendència.

Estudi Econòmic

L'estudi econòmic d'aquest treball es centra principalment en els costos d'enginyeria, de transport, els associats al material informàtic i a l'ús d'aquest, i els d'impressió del treball en paper. No existeix una partida de mà d'obra o de materials de construcció ja que és un treball purament d'investigació, sense part material pràctica.

Els costos d'enginyeria inclouen les hores destinades a la realització d'aquest treball, i també les hores dedicades a les reunions amb els tutors del projecte. La primera reunió amb els tutors del projecte, i per tant la data que podem prendre com a inici del període de treball va ser el 19 de gener del 2018, i la data de fi és el 3 de maig de 2018, que inclouen un total de 104 dies de feina per a la realització d'aquest treball. Dins d'aquest període s'han realitzat un total de 8 reunions amb els tutors. Es considera una mitjana de 6 hores diàries treballades en el projecte, a part de les hores dedicades a les reunions en aquests dies puntuals.

Costs enginyeria	
Dies treballats	104
Mitjana d'hores diàries	6
Dies de reunió	8
Mitjana d'hores de reunió	2,5
Total d'hores dedicades al TFG	644
Preu per hora (€/h)	20
Total sense IVA (€)	12880
Total amb IVA 21% (€)	15.584,8

Taula 5. Costs enginyeria. Font: pròpia.

En els costos de transport es consideren els 8 dies de reunió amb els tutors del projecte més 10 altres dies de visita a la biblioteca per realitzar consultes o treballar en el projecte des de la Universitat.

Costs transport	
Preu bitllet integrat T-10 (€) ^[15]	10,20
Preu per viatge (€)	1,02
Viatges totals (anada i tornada)	36
Total (€)	36,72

Taula 6. Costs transport. Font: pròpia.

Als costs informàtics s'inclou el preu de l'ordinador portàtil en el moment de compra utilitzat per la realització del TFG, model Acer Aspire E1-572G Intel i7, i el cost de l'energia consumida per a l'alimentació d'aquest.

Costs informàtics	
Preu ordinador portàtil (€)	799,99
Total d'hores dedicades al TFG	644
Consum energètic del portàtil (kWh)	0,065
Preu energia mitjà (€/kWh) ^[16]	0,111
Preu energia total (€)	4,65
Total (€)	804,64

Taula 7. Costs informàtics. Font: pròpia.

Als costs de l'entrega física del treball s'inclou la impressió d'aquest, l'enquadernat, el CD i la carpeta on s'entrega tot el conjunt.

Costs entrega del treball	
Preu impressió (€/pàgina)	0,3
Total pàgines impreses	60
Preu enquadernat (€)	5,5
Preu carpeta (€)	3,5
Total (€)	27

Taula 8. Costs entrega treball. Font: pròpia.

Finalment, l'estudi econòmic total és:

Costs totals	
Costs enginyeria (€)	1.5584,8
Costs transport (€)	36,72
Costs informàtics (€)	804,64
Costs entrega del treball (€)	27
TOTAL (€)	16.453,16

Taula 9. Estudi econòmic total. Font: pròpia.

Bibliografia consultada

- [1] Alcaraz, O. i Xercavins, J. *Presentacions teòriques PPT*. Canvi Climàtic: ciència, energia, economia, política i futur.
- [2] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) *Fifth Assessment Report (AR5)* - Summary [en línia]. Disponible a: http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php [Primera consulta: 19 de març de 2018].
- [3] Central Intelligence Agency (2017). *The World Factbook: El Salvador* [en línia]. Disponible a: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/print_es.html [Primera consulta: 19 de gener de 2018].
- [4] Gobierno de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013). *2ª Comunicación Nacional sobre Cambio Climático* [en línia]. Disponible a: <http://www.marn.gob.sv/descarga/segunda-comunicacion-nacional-sobre-cambio-climatico-de-el-salvador/> [Primera consulta: 19 de gener de 2018].
- [5] Grupo CEL. *Centrales hidroeléctricas* [en línia]. Disponible a: <https://www.cel.gob.sv/> [Primera consulta: 11 de febrer de 2018].
- [6] Grupo CEL. *La Geo Centrales geotérmicas* [en línia]. Disponible a: <http://www.lageo.com.sv/> [Primera consulta: 11 de febrer de 2018].
- [7] Cuervo, J. Energia Para El Futuro (Maig 2017) *Energia solar en el Salvador – Una apuesta por un futuro energético sostenible*. [en línia]. Disponible a: <https://blogs.iadb.org/energia/2017/05/15/2369/> [Primera consulta: 15 d'abril de 2018].
- [8] Belloso, M. i Pastrán, R.M. La Prensa (Desembre 2017) *Planta de gas en Acajutla*. [en línia]. Disponible a: <https://www.laprensagrafica.com/economia/En-2018-iniciaran-obras-para-construir-planta-de-gas-en-Acajutla-20171130-0115.html> [Primera consulta: 15 d'abril de 2018].
- [9] International Energy Agency. *Balances*. [en línia]. Disponible a: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=ELSALVADOR&product=balances&year=2000> [Primera consulta: 22 de gener de 2018].

- [10] International Energy Agency. *Unit Converter*. [en línia]. Disponible a: <https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter/> [Primera consulta: 22 de gener de 2018].
- [11] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [en línia]. Disponible a: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html> [Primera consulta: 1 de febrer de 2018].
- [12] Trigo, A. (2017). *Estudi i projecció d'escenaris futurs d'emissions a partir del Vector Energètic*. EEBE.
- [13] Alcaraz, O., Antequera, J., Buenestado, P., Xercavins, J., Escribano, B. i Turon, A. (Desembre 2015) *Una proposta de model de justícia climàtica per càpita* [en línia]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/81995> [Primera consulta: 2 d'abril de 2018].
- [14] Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2016) *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte hivernacle*. [en línia]. Disponible a: http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduex_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2/160411_Guia-practica-calcul-emissions_sense-canvis_CA.pdf [Primera consulta: 22 d'abril de 2018].
- [15] Transports Metropolitans de Barcelona (2018) *Tarifes*. [en línia]. Disponible a: <https://www.atm.cat/gestor/uploads/20171228%20Nota%20de%20premsa%20politica%20tarifaria%202018.pdf> [Primera consulta: 22 d'abril de 2018].
- [16] Tarifadeluz.com (2018) *Precio actual de la luz*. [en línia]. Disponible a: <http://www.tarifadeluz.com/> [Primera consulta: 22 d'abril de 2018].

Annex

Com s'ha vist en el desenvolupament de la memòria d'aquest projecte, aquest treball ha sigut en gran part realitzat amb fulls de càlcul d'Excel, amb els quals s'han analitzat les dades, modificat, creat escenaris i graficat resultats. És per això que s'ha vist convenient adjuntar aquests fulls de dades en format digital amb el CD que s'entrega dins la carpeta amb el Treball de Final de Grau en format físic. En aquest apartat s'explicaran els continguts dels annexos del treball, en forma de fulls de càlcul d'Excel.

A1. Anàlisi de l'històric

Dins d'aquest full de càlcul es poden trobar: els diagrames dels vectors energètics a El Salvador per a cada any durant el període compres entre l'any 1990 i l'any 2015, la gràfica del vector energètic històric i un resum d'aquest en forma de taula de dades, l'evolució de les emissions de CO₂ (dades de la IEA i calculades), i l'anàlisi any per any del període esmentat del càlcul del vector energètic i de les emissions de CO₂.

A2. BAU 1: Suavitzat de Holt

Aquest full mostra el primer mètode de càlcul per a l'estimació del BAU energètic a El Salvador mitjançant el Suavitzat de Holt: l'anàlisi del mètode font per font, i les modificacions pertinents, junt amb un resum del resultat d'aquestes fonts i la creació del vector energètic a partir dels resultats obtinguts.

A3. BAU 2: Tendència Lineal

Aquest full mostra el segon mètode de càlcul per a l'estimació del BAU energètic a El Salvador mitjançant les tendències lineals de l'històric de cada font: l'anàlisi del mètode font per font, i les modificacions pertinents, junt amb un resum del resultat d'aquestes fonts i la creació del vector energètic a partir dels resultats obtinguts.

A4. BAU 3: Mètode Mix

Aquest full mostra el tercer i definitiu mètode de càlcul per a l'estimació del BAU energètic a El Salvador mitjançant el mètode "Mix": l'anàlisi del mètode font per font, i les modificacions pertinents, junt amb un resum del resultat d'aquestes fonts i la creació del vector energètic a partir dels resultats obtinguts. També es mostra el càlcul del BAU de les emissions de CO₂.

A5. Escenaris Alternatius

Dins d'aquest full de dades es pot trobar un anàlisi del BAU escollit (mètode 3) i de les emissions de CO₂ per aquest BAU. També es mostra la creació dels dos escenaris alternatius estudiats: tant dels vectors energètics corresponents com de les emissions de CO₂, junt amb un resum d'aquests en forma de gràfiques.